

A DINÂMICA HIDROLÓGICA E AS ÁGUAS CONTINENTAIS

O que significa para você um copo de água na hora da sede? Essa pergunta é fácil de responder, isso porque a água possui uma importância vital para o ser humano: cerca de 70% de nosso organismo é composto desse líquido. Até mesmo os seres vivos que não consomem água diretamente precisam dela para sobreviver, e encontram alguma maneira de atender a essa necessidade: alguns roedores dos desertos, por exemplo, retiram o suprimento necessário de água das sementes que consomem.

Mas de onde vem a água? Para onde vai depois que a utilizamos? Como ela transforma as paisagens terrestres? Qual é seu valor para os diferentes grupos humanos? Neste capítulo e no próximo, buscaremos respostas para essas questões.



Culturas em foco

A água tem um caráter simbólico fundamental na cultura de diferentes povos. Veja as imagens e leia o texto.



Maurício Simonetti/Pulsar Imagens

A Lavagem das Escadarias do Bonfim é um ritual em que os devotos de Nosso Senhor do Bonfim lavam as escadarias da igreja dedicada ao santo com água de cheiro. O ritual acontece todos os anos e envolve católicos e praticantes do candomblé. As roupas usadas são brancas, que é a cor de Oxalá, deus da cultura iorubá associado a Nosso Senhor do Bonfim. Salvador (BA), 2011.



Stock Photos/Alamy/Fotoarena

Nas religiões cristãs, o batismo na água é realizado tanto em crianças como em adultos. São rituais que simbolizam, entre outras coisas, a iniciação da vida cristã. Na imagem, batizado sendo realizado em uma igreja na Armênia, em 2013, primeiro país do mundo a se tornar oficialmente cristão.

Debajyoti Chakraborty/NurPhoto/AFP



As águas do rio Ganges são consideradas sagradas pelos seguidores do hinduísmo. Ao banharem-se neste rio, que corre no norte da Índia, os hindus se consideram purificados de seus pecados pela deusa Ganga, moradora desse imenso curso d'água. Na fotografia, hindus em ritual de purificação nas águas do rio Ganges, na Ilha Gangasagar. Foto de 2016.

Em grupos, façam uma pesquisa sobre a importância da água e sua simbologia no decorrer da história e na cultura de diferentes povos, envolvendo conceitos de Sociologia e de Filosofia. Discutam o sentido simbólico, filosófico e prático da água. Conversem sobre os rituais de purificação e de iniciação em diferentes religiões; sobre a água como fonte de alimentos e de riquezas, e como ela foi transformada em mercadoria.

► O ciclo da água

A água é uma das substâncias mais abundantes em nosso planeta e pode ser encontrada em três estados físicos: **sólido**, como nas grandes geleiras; **líquido**, como nos oceanos e rios; e **gasoso**, como na forma de vapor de água na atmosfera.

Além de mantenedora da vida, a água desempenha papel fundamental na criação e na transformação das paisagens terrestres. Ela participa ativamente dos fenômenos atmosféricos, modela a superfície da litosfera e apresenta-se como elemento fundamental para a realização das atividades humanas. A dinâmica da água é muito intensa, pois, independentemente de seu estado físico, ela está em constante movimento.

O **ciclo da água**, ou **ciclo hidrológico**, consiste na dinâmica da água no interior da hidrosfera. Trata-se de um dos fenômenos essenciais da natureza. Assim como os ventos e as massas de ar, o ciclo da água depende da energia solar. Ao atingirem o planeta, os raios solares aquecem a água, fazendo-a evaporar para a atmosfera e desencadeando o ciclo. Com o ar saturado de vapor de água, ocorre condensação e formam-se as nuvens, que produzem a precipitação de água na superfície. Depois, a água segue por caminhos diferentes, de acordo com a superfície que encontra (tipo de solo e de relevo, vegetação etc.), para o interior dos cursos de água e para o mar, até voltar à atmosfera, onde reinicia-se o ciclo.

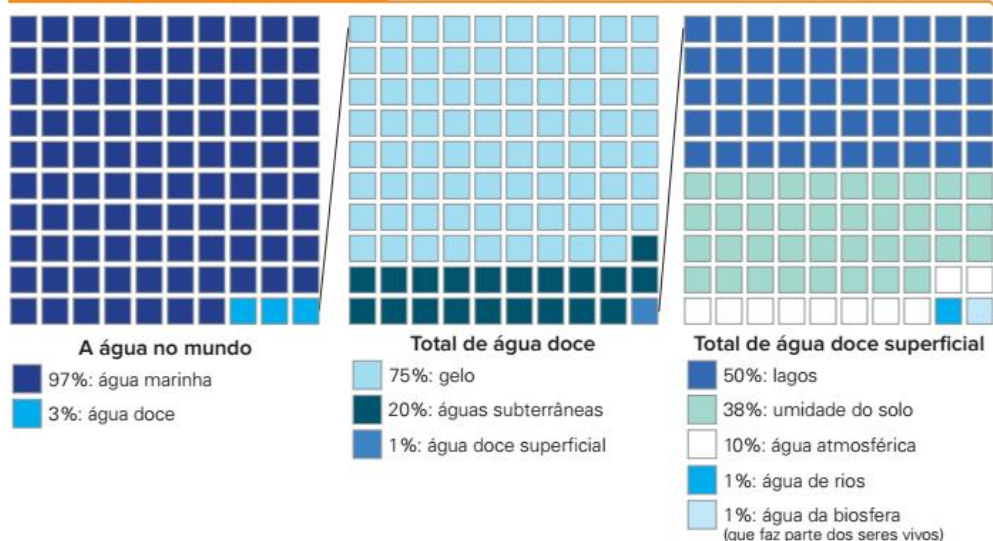
Conhecer o ciclo hidrológico é indispensável para o estudo da hidrosfera terrestre. Acompanhe no esquema simplificado da página ao lado algumas das principais etapas do ciclo da água.

Professor, exemplifique as etapas do ciclo da água que podem ser percebidas no dia a dia dos alunos.

► A distribuição da água na Terra

Estima-se que o volume de água na Terra seja o mesmo há bilhões de anos: cerca de 1,6 bilhão de metros cúbicos, distribuídos de maneira desigual na superfície terrestre. Observe os gráficos abaixo. Neles, vemos que a maior parte da água em nosso planeta está concentrada nos oceanos, cerca de 97 %, e o restante, apenas 3%, é composto de água doce. De acordo com esse panorama, podemos perceber que a água disponível para o uso humano representa um percentual muito pequeno, se o compararmos com a quantidade total de água existente no planeta.

Distribuição da água na Terra



Fonte: ENCICLOPÉDIA DO ESTUDANTE. *Ciências da Terra e do Universo: da Geologia à exploração do espaço*. São Paulo: Moderna, 2008. p. 99.

Etapas do ciclo da água

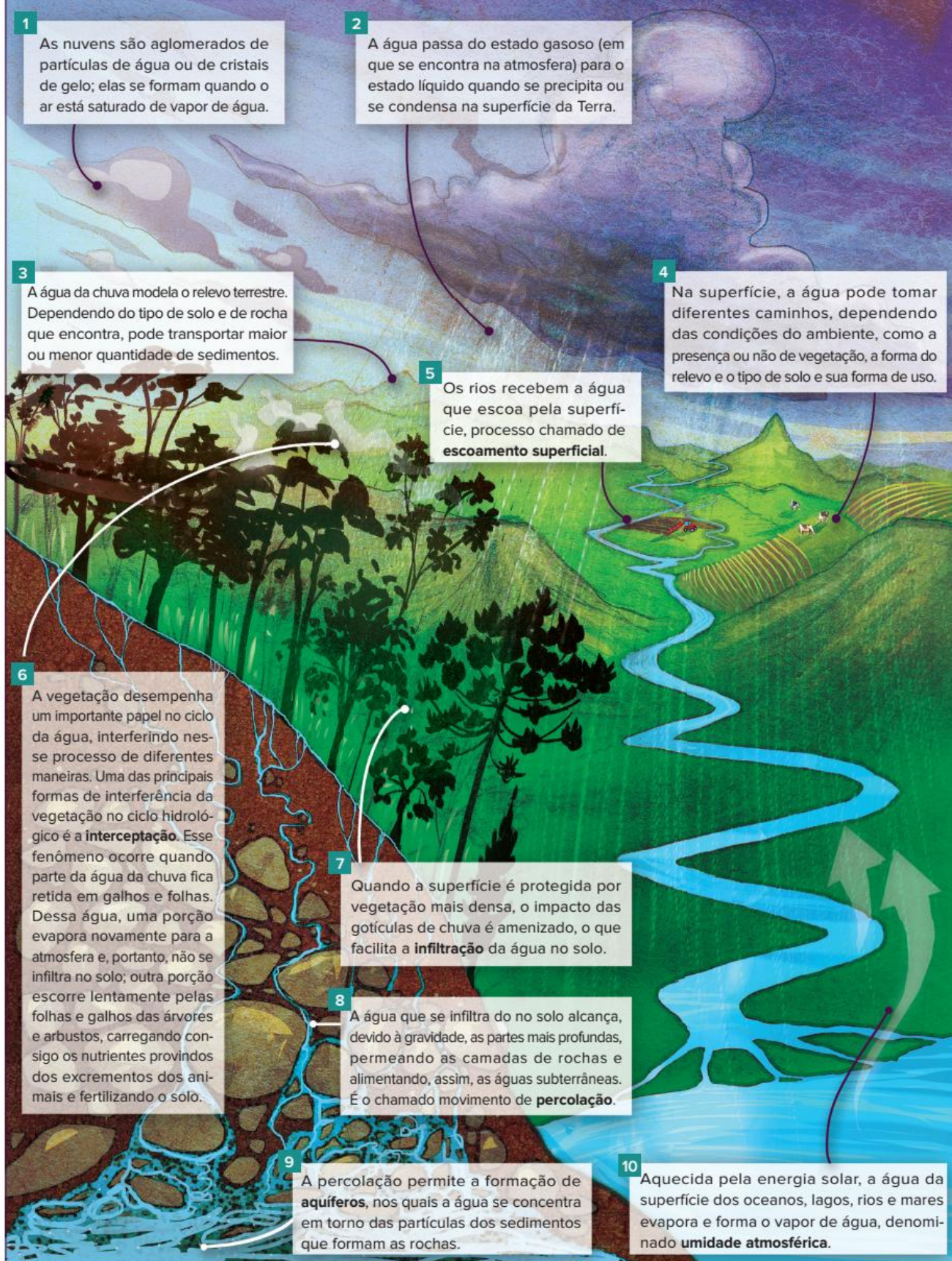


Ilustração fora de proporção; cores-fantasia.

Professor, lembre com os alunos a forma e a localização das calotas polares.

► As águas continentais superficiais

A porção de água doce, que chamamos de águas continentais, está distribuída em diferentes lugares, em especial nas calotas polares e nos aquíferos ou no cume das altas montanhas. Há uma pequena parcela no estado líquido, que flui por rios e lagos nas áreas continentais.

Os rios e as bacias hidrográficas

Os rios e os lagos estão presentes em muitas paisagens de nosso cotidiano. Esses elementos frequentemente são estudados tendo como foco as chamadas bacias hidrográficas.

Bacia hidrográfica ou **bacia de drenagem** é uma porção da superfície terrestre banhada por um rio principal e seus afluentes. Uma bacia hidrográfica é delimitada pelas partes mais elevadas do relevo em seu entorno, consideradas divisores de água, que podem ser compostas de serras, chapadas, cordilheiras ou outro tipo de elevação.

As características fisiográficas de uma bacia de drenagem são definidas por elementos naturais e culturais, como a forma do relevo, a composição das rochas e dos solos, o clima atuante na região e as atividades econômicas nela desenvolvidas.

Partes de uma bacia hidrográfica

Nascente ou **cabeceira**: local onde o rio inicia seu curso; usa-se o termo **montante** para se referir à direção da nascente e o termo **jusante** à direção da foz.

Leito: denominação da superfície por onde fluem as águas dos rios.

Cachoeiras e corredeiras: locais onde os rios encontram um desnível abrupto do relevo ou trechos com maior declividade.

Afluentes ou **tributários**: cursos de água menores, incorporados ao rio principal.

Foz: local onde um rio deságua em outro rio, em um lago ou no oceano. A foz de um rio pode ser em delta ou em estuário. Denomina-se **delta** quando o rio deságua formando canais e ilhas ou **estuário** quando se tem uma única desembocadura.

Divisores de águas ou **espigões**: as partes mais elevadas do relevo no entorno de um rio principal e que delimitam a área ou a extensão de uma bacia hidrográfica.

O **curso** de um rio compreende desde sua nascente ou cabeceira até sua foz. Considerando essa extensão, a bacia hidrográfica pode ser dividida em três trechos, em função do curso do seu rio principal: o alto curso, o médio curso e o baixo curso.

Ilustração fora de proporção; cores-fantasia.

Davidson França

ESPAÇO E CARTOGRAFIA

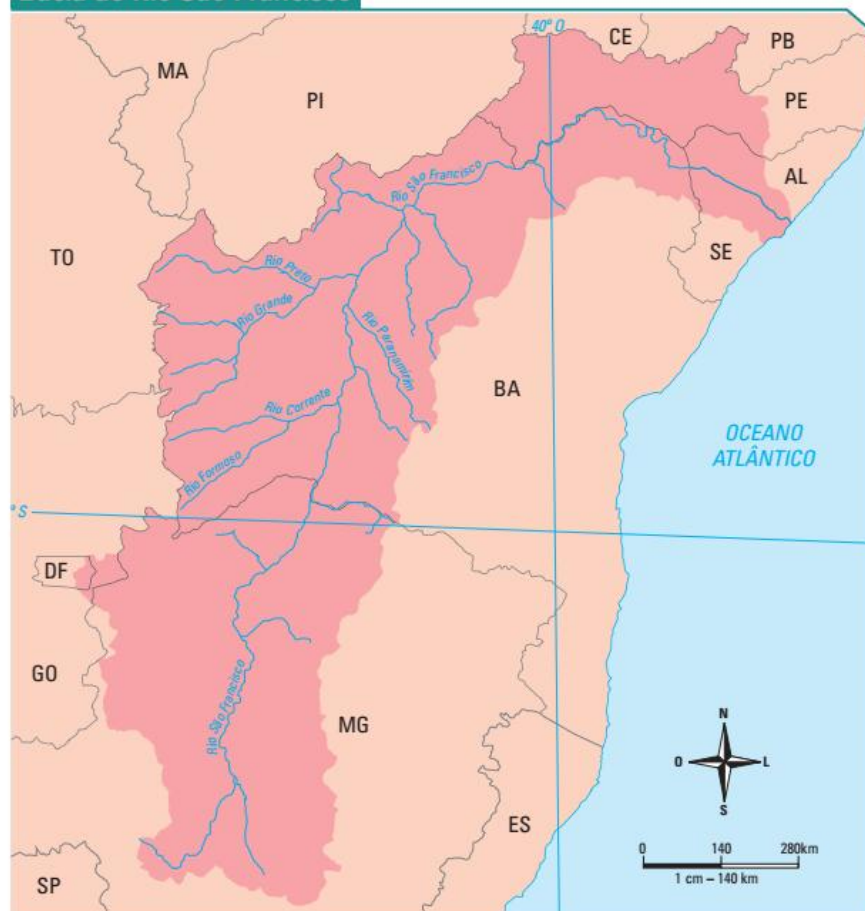
Bacias e sub-bacias hidrográficas

A bacia hidrográfica de um rio principal pode ser composta de bacias hidrográficas menores, drenadas pelos rios, seus tributários ou afluentes, as quais são chamadas de sub-bacias hidrográficas. Portanto, a bacia hidrográfica de um grande rio, como o Amazonas, ou o Paraná, pode reunir centenas ou até milhares de sub-bacias, com as mais variadas dimensões. O estudo das sub-bacias é fundamental

para o planejamento de ações que visem à preservação dos recursos hídricos de uma região.

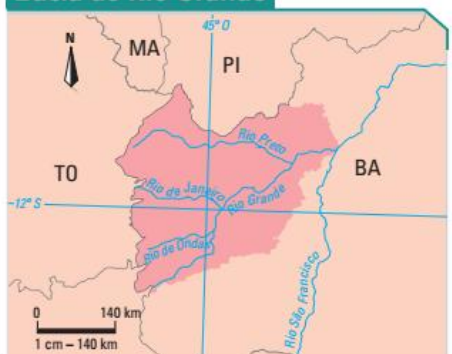
Os mapas a seguir mostram a bacia hidrográfica do Rio São Francisco e as de seus tributários, o Rio Grande e o Rio Preto. Observe, por meio das escalas cartográficas utilizadas, a dimensão dessas bacias, e confira nas legendas os propósitos de estudo possíveis em cada uma delas.

Bacia do Rio São Francisco



A área delimitada nessa escala cartográfica serve de base para o planejamento de vias de transporte, integração regional e ações conjuntas de estados, como a implantação de projetos de irrigação ou de produção de energia, entre outros.

Bacia do Rio Grande



A escala cartográfica utilizada permite a avaliação de impactos ambientais gerados por atividades econômicas, como a agricultura e a pecuária.

Bacia do Rio Preto



A escala cartográfica adotada fornece a delimitação própria para o planejamento municipal e permite avaliar o tipo de ocupação do solo no município.

Fonte dos mapas: Agência Nacional de águas.
Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>.
Acesso em: 30 abr. 2016.

Atividade cartográfica

Resolva os exercícios no caderno.

Observando a escala dos mapas apresentados, responda:

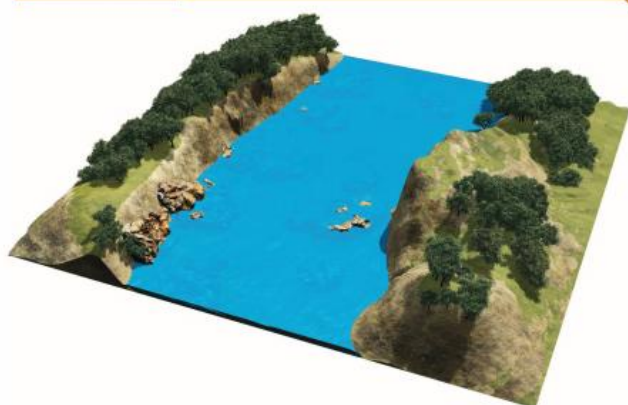
- ▶ Essas escalas são gráficas ou numéricas?
- ▶ A medida de 1 cm indicada nesses mapas corresponde a quantos **quilômetros** na superfície terrestre?
- ▶ E a quantos **centímetros** essa mesma medida (1 cm) corresponde na superfície terrestre?
- ▶ Escreva as escalas dos mapas na forma numérica.

Professor, retome o trabalho com escalas. Se possível, trabalhe em conjunto com o professor de Matemática.

Regime dos rios

Denomina-se **regime fluvial** a variação do volume e do nível das águas de um rio. O principal fator que determina o regime de um rio é o clima atuante nas regiões de seu curso, já que, de acordo com as estações do ano, pode haver variação na quantidade de água proveniente das chuvas (ou, no caso de regiões mais frias ou com grande altitude, proveniente do degelo de neve). Dessa forma, as cheias dos rios ocorrem na estação mais chuvosa, e as vazantes, nas estações de menor precipitação. Observe os esquemas ilustrativos abaixo.

Rio na cheia



Rio na vazante



Ilustrações: Davidson França

Ilustrações fora de proporção; cores-fantasia.

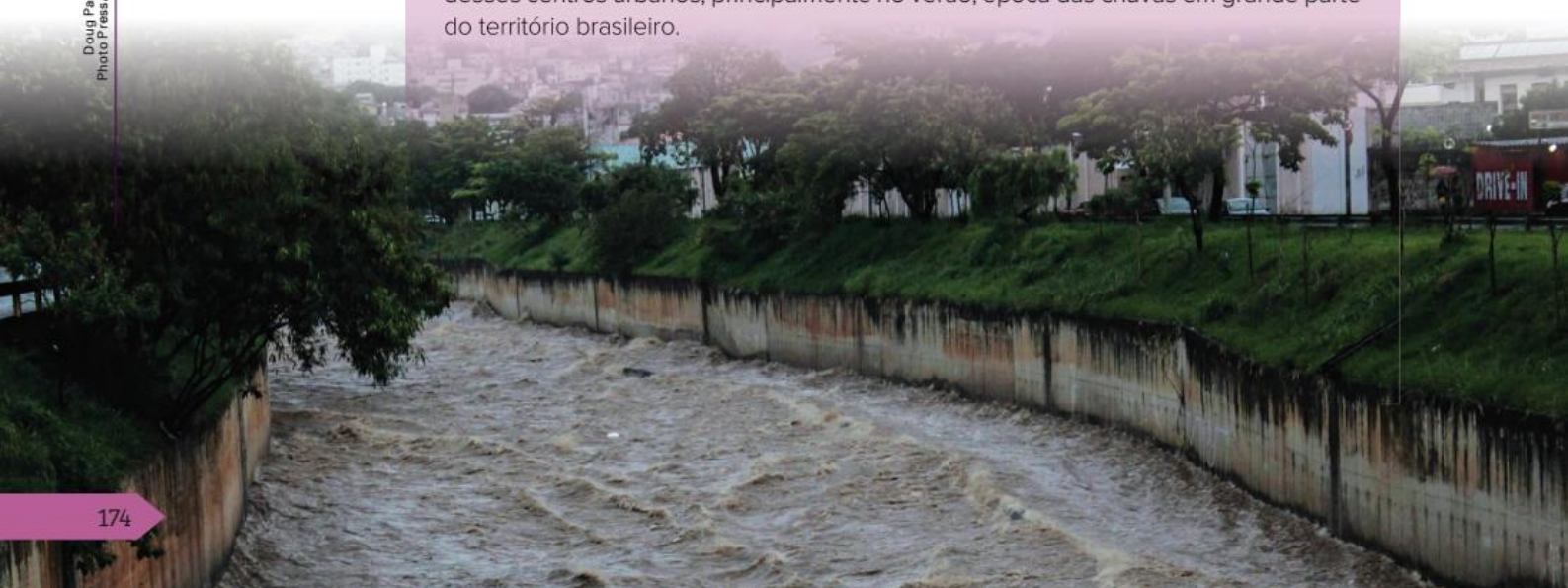
Grandes cheias e a ação antrópica

Em áreas onde os níveis pluviométricos, nas estações das chuvas, são maiores que o normal, pode ocorrer grandes cheias, com as águas dos rios inundando as áreas mais baixas e planas que margeiam o leito principal. Essas áreas são chamadas de **várzeas** ou **planícies aluviais** ou, ainda, de **planícies de inundação**.

Em muitas cidades brasileiras, o processo de expansão urbana tem levado à ocupação de áreas de várzeas, causando vários problemas de ordem ambiental e econômica, como é o caso do Rio Itajaí, em Blumenau (SC), do Rio Tietê, em São Paulo (SP), e do Rio Arrudas, em Belo Horizonte (MG), cujas áreas de várzea foram ocupadas por construções e vias de circulação. Esse tipo de intervenção, associada ao fato de as vertentes de suas bacias hidrográficas encontrarem-se quase que totalmente impermeabilizadas pela presença de edifícios residenciais, comerciais e públicos, indústrias e ruas asfaltadas, tem tornado as inundações uma constante na vida dos moradores desses centros urbanos, principalmente no verão, época das chuvas em grande parte do território brasileiro.

Na fotografia, Rio Arrudas cheio, em Belo Horizonte, MG, no ano de 2015.

Doug Patricio/Brazil
Photo Press/Folhapress



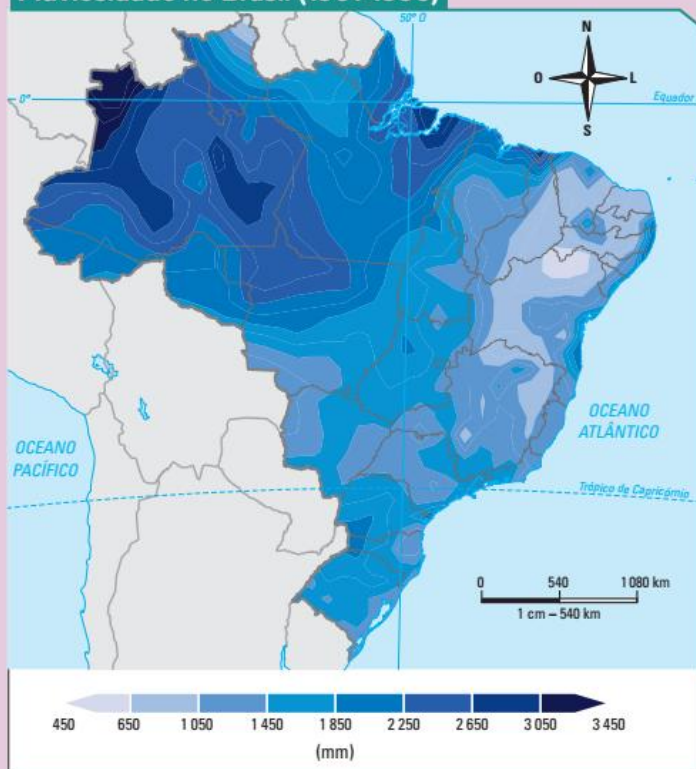
Rios perenes e intermitentes

De maneira geral, os rios localizados em regiões com índices pluviométricos anuais altos têm também um regime **perene** de águas, ou seja, nunca secam durante o ano. Já em áreas com baixas precipitações, muitos rios – sobretudo os afluentes menores – costumam secar nas épocas de longa estiagem: são os chamados rios de regime **intermitente** ou **temporário**.

Pluviosidade e regime dos rios brasileiros

Observe abaixo o mapa da pluviosidade no Brasil. Por meio das **isoietas** representadas, identificamos áreas de maior e menor pluviosidade no território brasileiro. Analisando o mapa, podemos verificar, por exemplo, que os menores índices pluviométricos anuais estão no sertão nordestino, justamente nas áreas onde se concentra a maioria dos rios temporários brasileiros (verifique o mapa da rede hidrográfica da Região Nordeste). Já a Amazônia possui os índices pluviométricos mais altos, fator que colabora para a ocorrência de rios caudalosos e perenes em toda a região.

Pluviosidade no Brasil (1961-1990)



Fonte: INMET. Disponível em: <www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 4 set. 2015.

Isoieta:

linha que indica os pontos com o mesmo índice médio de pluviosidade.

Rede hidrográfica do Nordeste



Fonte: IBGE. *Atlas geográfico escolar*. 6. ed. Rio de Janeiro, 2012. p. 105. Disponível em: <biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv64669_cap4_pt1.pdf>. Acesso em: 9 out. 2015.

A forma dos rios

A interdependência dos elementos da paisagem, em especial no que se refere ao relevo, ao tipo de rocha, à vegetação e ao clima, atribui características fisiográficas marcantes aos rios de determinada região. Esses fatores podem influenciar os cursos de água em dois aspectos: no tipo da rede de drenagem, ou seja, no formato característico do conjunto de rios (rio principal e seus afluentes) que drenam uma bacia hidrográfica; e no formato dos canais por onde flui o leito de cada um desses cursos de água. Observe essas particularidades nos quadros a seguir.

Principais tipos de rede de drenagem



Drenagem paralela: ocorre em regiões onde a declividade é acentuada, apresentando rios que correm paralelamente.



Drenagem radial: é característica de lugares onde há cones vulcânicos, morros isolados etc. Os rios nascem próximos uns dos outros e irradiam-se para diferentes direções.



Drenagem treliça: ocorre quando os rios são paralelos entre si e as alterações de curso formam ângulos retos. É característica de terrenos onde as rochas são alternadas entre mais resistentes e menos resistentes à erosão.



Drenagem dendrítica: ocorre quando os rios fluem de modo semelhante a galhos de árvores, pois as rochas do substrato podem ter a mesma composição e apresentar a mesma resistência à erosão.

Davidon França

Principais formas dos canais dos cursos de água



Canais retilíneos: apresentam pouca curvatura, pois, de maneira geral, o leito do rio corre sobre rochas bastante resistentes à ação da erosão das águas.



Canais entrelaçados: característicos de regiões glaciais ou com intensa atividade tectônica. Há muitas ilhas e bancos de sedimentos dispostos ao longo desses tipos de canais.

Davidon França



Canais meandранtes: característicos de rios com curvas sinuosas, em movimentação contínua. Formam-se geralmente em terrenos planos, com vegetação ciliar. A escavação ocorre na margem côncava do canal, e a deposição, na margem convexa.



Canais anastomosados: característicos de áreas mais planas, onde o rio não tem força para transportar os sedimentos mais grossos, criando canais entremeados por bancos de areia, ilhas e outras formas de elevação.

Davidson França

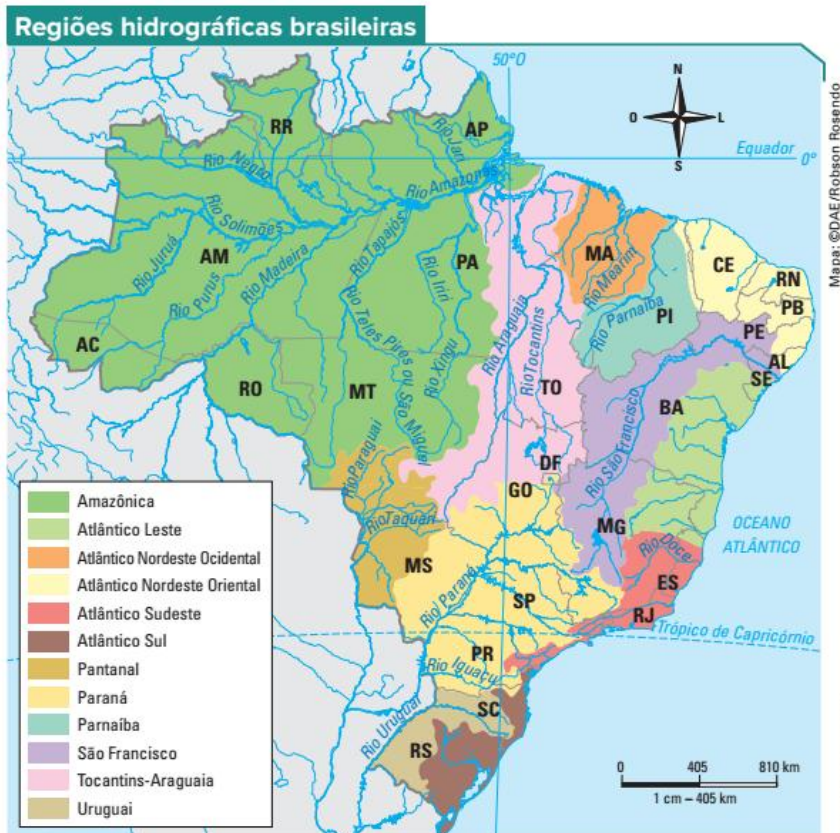
Fonte: TEIXEIRA, Wilson et al. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 312.

► As grandes regiões hidrográficas brasileiras

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), órgão do governo federal, adota desde 2003 uma classificação que define para o território brasileiro 12 regiões hidrográficas, cada qual compreendendo uma ou mais bacias hidrográficas contíguas.

Nessa classificação, foram delimitadas áreas com características sociais, econômicas e naturais semelhantes, nas quais é possível perceber uma estreita interação entre o clima, a hidrografia, os solos e as formas de relevo.

Observe abaixo o mapa das regiões hidrográficas e conheça suas características.



Fonte: IBGE. *Atlas geográfico escolar*. 6. ed. Rio de Janeiro, 2012. p. 105. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=264669>>. Acesso em: 10 out. 2015.



Mapas: ©DAE/Robson Rosendo

Amazônica: com cerca de 6 112 000 km², seus rios correm sobre um relevo predominantemente plano, fator que reduz a velocidade da água em seu leito, criando um padrão meândrico para o curso, com lagoas marginais e campos de inundação nos períodos das cheias, nos quais também são típicos os **igarapés**.

O alto índice pluviométrico na região (cerca de 2500 mm/ano) é consequência, em grande parte, da evapotranspiração da Floresta Amazônica. O clima equatorial da região determina o regime equatorial perene dos rios. É uma região ameaçada pelos garimpos, que contaminam as águas com mercúrio (como no alto curso dos rios Teles Pires, Tapajós e Madeira), e pelas atividades madeireira e pecuária, que envolvem a derrubada de áreas de floresta, acelerando o processo erosivo nas margens e o assoreamento de canais.



Ernesto Reghran/Pulsar Imagens

Igarapé: denominação regional para os canais estreitos que surgem próximo ao leito dos grandes rios da Amazônia.

Encontro das águas escuras do Rio Negro com as águas mais claras do Rio Solimões, nas proximidades da cidade de Manaus (AM), em 2015.



Tocantins-Araguaia: a precipitação anual média de 1500 mm nessa área (de aproximadamente 757 mil km²) leva os rios da região a apresentar regime equatorial perene. Após a construção da hidrelétrica de Tucuruí no curso do Tocantins, o rio principal, e seu consequente represamento, houve aumento significativo na quantidade de sedimentos transportados. Além disso, muitos rios da região estão contaminados por mercúrio em razão da atividade garimpeira em suas margens.



Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental e Atlântico Nordeste Ocidental: em conjunto, ocupam uma área de cerca de 1 029 000 km². Na região da bacia do Nordeste Oriental, a precipitação é relativamente baixa (cerca de 750 mm/ano), o que leva os rios a apresentar um regime fluvial semiárido (temporário ou intermitente). No período de estiagem, a maioria dos rios permanece total ou parcialmente seca. Os rios dessa bacia nascem nas chapadas e nos planaltos do interior e, na faixa próxima ao litoral, assumem regime tropical. Na região da bacia do Nordeste Oriental, o regime fluvial é equatorial, pois a precipitação é bem mais intensa.



Atlântico Leste: com cerca de 551 mil km², apresenta rios com regime semiárido a tropical. O relevo da região, a presença de trechos de Mata Atlântica e o litoral determinam as características das chuvas nas bacias. Da Serra do Mar (Rio de Janeiro) até o litoral da Bahia, chove cerca de 2000 mm por ano. Nessa região, há grandes aglomerações populacionais e industriais (Rio de Janeiro, Vitória e Salvador), áreas de exploração mineral, atividades agrícolas e usinas hidrelétricas. Esses fatores interferem consideravelmente na dinâmica natural dos rios da região.

Paraná: com cerca de 880 mil km², essa região é formada por rios típicos de planalto, muito aproveitados para a geração de energia hidrelétrica. A pluviosidade na região é de 1500 mm ao ano, e o regime fluvial é tropical ao norte do Rio Paranapanema e temperado ao sul desse rio. Os rios dessa região têm passado por muitas transformações em sua dinâmica devido à grande interferência humana (atividades agrícolas, construção de usinas e ocupação de áreas por cidades). Essas alterações resultaram em um intenso processo de assoreamento.



Alexandre Capol/Pulsar Imagens



Mapas: ©DAE/Robson Rosendo

Rio Tietê, afluente do Rio Paraná, na cidade de São Paulo, em 2014. Os rios dessa região passam por áreas intensamente urbanizadas e também por áreas agrícolas, onde recebem grande quantidade de sedimentos.

Paraguai: com aproximadamente 368 mil km², é formada por rios de regime perene tropical que transportam grande quantidade de sedimentos, fato decorrente da forma de ocupação da terra na área da bacia, onde se destacam as plantações de soja e os garimpos.

São Francisco: com cerca de 634 mil km², essa região recebe grande quantidade de chuva, em torno de 1500 mm ao ano. O clima atuante nessa área caracteriza o regime de rios como tropical perene (próximo às nascentes) e semiárido (na margem direita). Devido aos elementos naturais presentes na região (como a baixa densidade de vegetação e o relevo acidentado) e à ação antrópica (como as atividades agrícolas), o rio principal vem recebendo grande quantidade de sedimentos, fato que desencadeia seu assoreamento.



Uruguai: com cerca de 368 mil km², tem precipitação média de 1500 mm ao ano, com regime fluvial tropical e perene. A região está intensamente ocupada por atividades agropecuárias que vêm alterando a dinâmica natural de seus rios.

Atlântico Sudeste e Atlântico Sul: com precipitação média de 1500 mm ao ano, as bacias do Atlântico Sudeste e do Atlântico Sul possuem rios com regime fluvial temperado. Nasceram nas encostas da Serra do Mar e correm na direção leste para o Oceano Atlântico. As regiões dessas bacias abrigam grandes centros urbanos, como Joinville, Itajaí, cidades da Grande Florianópolis e a Grande Porto Alegre.

Priscila Forone



Nascente do rio Quiriri, da Bacia do Atlântico Sul, perto de Joinville, em 2015.

Resolva os exercícios no caderno.

De acordo com os mapas e os comentários apresentados, responda:
Em qual das grandes regiões hidrográficas brasileiras está localizado o município onde você mora? E o seu estado, abrange mais de uma região hidrográfica?
Em caso positivo, que regiões?

► As águas continentais subterrâneas

As águas continentais subterrâneas consistem na porção de água doce do planeta armazenada no interior de camadas rochosas no subsolo. São sistemas hídricos que levaram milhares de anos para se formar no interior da crosta terrestre e representam cerca de 20% do volume de água doce líquida existente nos continentes.

Parte dessas águas provém das chuvas que caem na superfície terrestre e infiltram-se no subsolo. Ao atingir camadas de rochas impermeáveis, essas águas acumulam-se e formam reservatórios subterrâneos, chamados de **lençóis** ou **aquíferos subterrâneos**, que podem ser encontrados algumas dezenas ou até milhares de metros de profundidade. Na dinâmica do ciclo hidrológico, os aquíferos desempenham um papel fundamental, pois fornecem grande quantidade de água às nascentes de rios e lagos. Para a sociedade, essas reservas são muito importantes como fonte de água potável e para uso doméstico, agrícola e industrial.

Poços e águas subterrâneas



Davidson França

A água da chuva infiltra-se no solo e, muitas vezes, encontra uma camada de rocha impermeável que a impede de penetrar mais. Então, a água se acumula sobre essa rocha, formando um reservatório embaixo da terra, denominado **lençol freático**.

O nível desse reservatório pode aumentar ou diminuir, conforme a exploração que se faz dele e a quantidade de precipitação que ele recebe. Para chegar a essa água, é preciso cavar poços que atravessam a rocha impermeável, chamados de **poços freáticos**.

Eventualmente, a água fica entre duas camadas de rocha impermeável, a grande profundidade. Nesse caso, quando perfuramos a primeira delas para fazer o poço, a água jorra com muita força, devido à pressão das duas camadas rochosas. Esse tipo de poço é chamado de **artesian**.

Ilustração fora de proporção; cores-fantasia.

Fonte: RIOS, Eloci Peres. *Água, vida e energia*. São Paulo: Atual, 2004. p. 18.

Águas subterrâneas: um frágil recurso

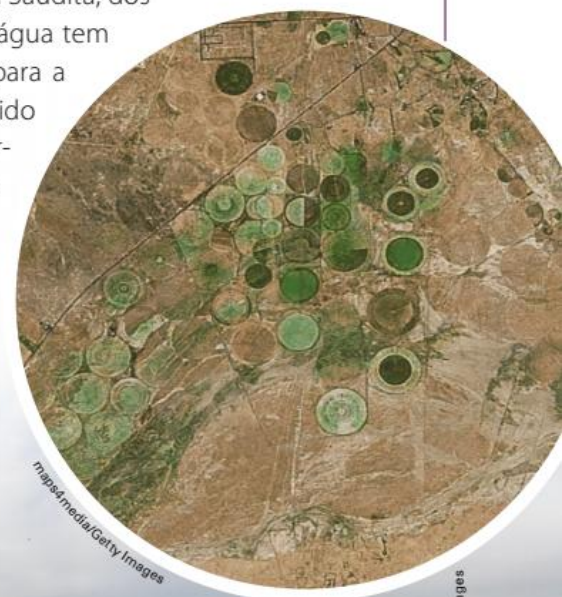
A crescente exploração dos reservatórios subterrâneos, principalmente a partir da segunda metade do século XX, vem colocando em risco o seu potencial hídrico. Especialistas acreditam que o uso descontrolado das águas subterrâneas e a exaustão de aquíferos poderão, em um futuro próximo, colocar em risco a oferta de alimentos no mercado mundial, principalmente em países que são grandes produtores agrícolas.

Alguns países já enfrentam sérios problemas relacionados a essa exploração, como a China, os Estados Unidos e os ricos países árabes do Golfo Pérsico.

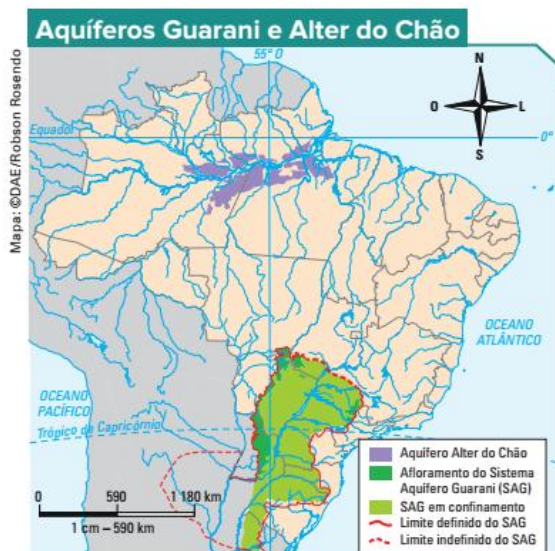
Na China, embora as técnicas de irrigação sejam milenares, o intenso crescimento econômico das últimas décadas, com o aumento da produção de matérias-primas e da atividade industrial, elevou exponencialmente a demanda por água. Como resultado, verifica-se a diminuição do nível dos lençóis subterrâneos, já que a demanda hídrica ultrapassa a oferta. Dessa forma, poços, rios e lagos estão secando e desaparecendo em parte significativa do território chinês. Nos Estados Unidos, o Aquífero de Ogallala, que se estende sob a porção oeste do país (de clima mais seco), é intensamente explorado desde o início do século XX para irrigar lavouras e abastecer cidades de oito estados da região; como consequência, o Ogallala está diminuindo drasticamente sua vazão – segundo estimativas, deve exaurir-se em algumas décadas. Um processo similar vem ocorrendo com os países ricos do Golfo Pérsico, como é o caso da Arábia Saudita, dos Emirados Árabes, de Qatar e de Bahrein. Nesses países, a demanda por água tem crescido na mesma proporção do crescimento da economia (voltada para a produção de petróleo e gás natural) e da população, já que têm recebido milhares de imigrantes nas duas últimas décadas. A maior parte do fornecimento provém de aquíferos (em virtude da sua localização em uma região desértica), e é destinada à indústria petrolífera, ao uso doméstico e à agricultura irrigada.

Gigantesco pivô de irrigação em Grant County, Kansas, Estados Unidos, usa água do Aquífero Ogallala em plantação de milho, 2015.

As regiões desérticas da Arábia Saudita, são irrigadas com água proveniente de aquíferos. O crescimento das áreas agrícolas nessas regiões tem aumentado a demanda por água subterrânea. Foto de 2013.



Águas do subsolo brasileiro



Fonte: Ministério de Minas e Energia; Secretaria de Geologia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. *Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico aquífero Alter do Chão, Bacia Sedimentar do Amazonas*. Belo Horizonte: CPRM, 2012. Disponível em: <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/PDF_RIMAS/VOLU-ME7_Aquífero_Alter_Chao_PA.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.

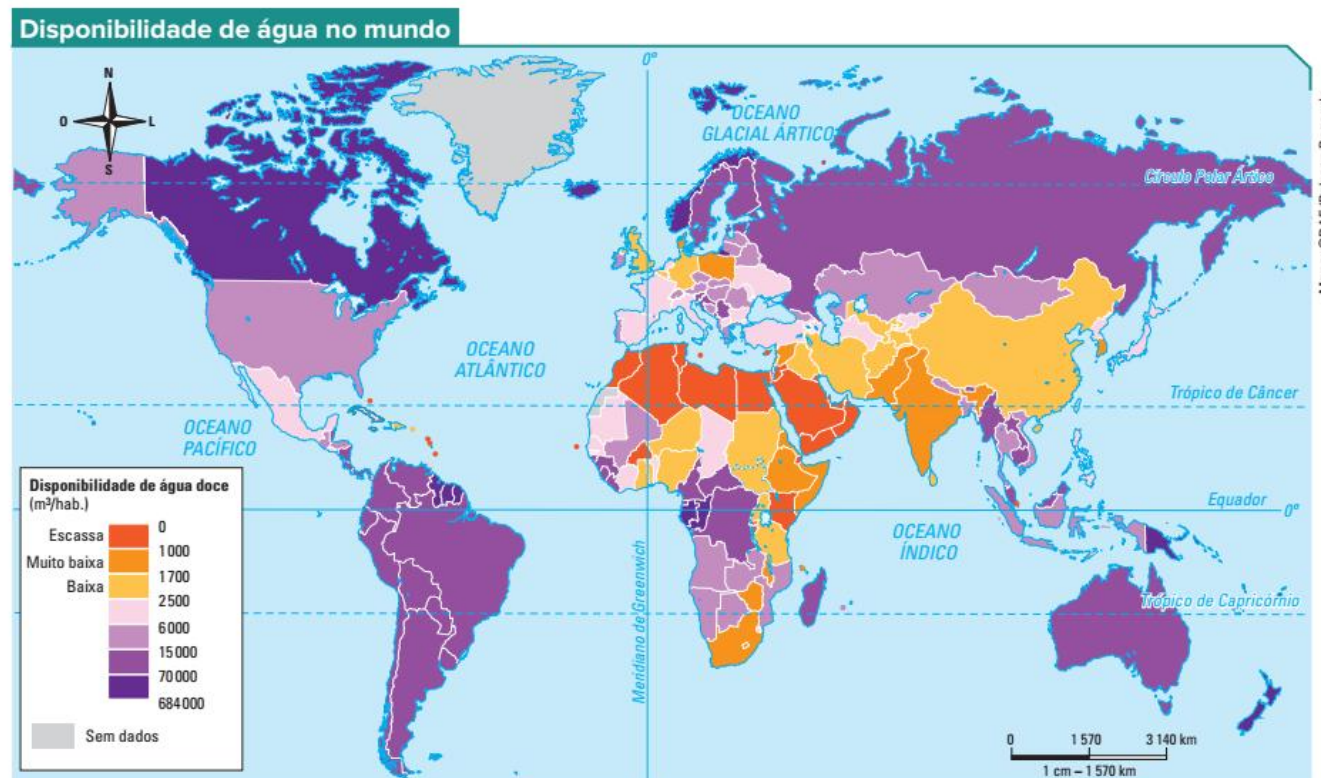
O Brasil possui importantes aquíferos em seu subsolo, inclusive nas regiões de clima semiárido, como no interior do Nordeste. Isso porque cerca de 40% do território nacional apresenta rochas de muita porosidade, como arenitos, siltitos e argilitos, capazes de acumular grandes porções de água doce. Destacam-se entre esses reservatórios os aquíferos Alter do Chão e Guarani. Observe a localização desses aquíferos no mapa a seguir.

O **Áquifero Alter do Chão** ou **Áquifero Grande Amazônia** estende-se por aproximadamente 437 mil km², sob a porção central da bacia hidrográfica do Rio Amazonas. Possui uma capacidade estimada de 86 mil km³ de água doce, o que, segundo os especialistas, seria suficiente para abastecer toda a população mundial durante décadas. Por isso, esse aquífero é considerado a maior reserva de água potável do mundo.

O **Áquifero Guarani** é um sistema de lençóis subterrâneos que se estende por aproximadamente 1,2 milhão de km² e abrange parte dos territórios da Argentina, do Uruguai e do Paraguai, além de oito estados brasileiros: Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Estima-se que esse aquífero retenha 39 mil km³ de água. Ainda que seja mais extenso do que o Aquífero Alter do Chão, pesquisas recentes mostram que o manejo do lençol subterrâneo do Guarani exige diversos cuidados, pois seu potencial hídrico pode ser menor do que se supõe.

► Água potável: um recurso ameaçado

O planisfério abaixo mostra que a água, além de estar distribuída de maneira desigual nos meios terrestres (oceanos, rios, lagos etc.), também está irregularmente distribuída entre os continentes.

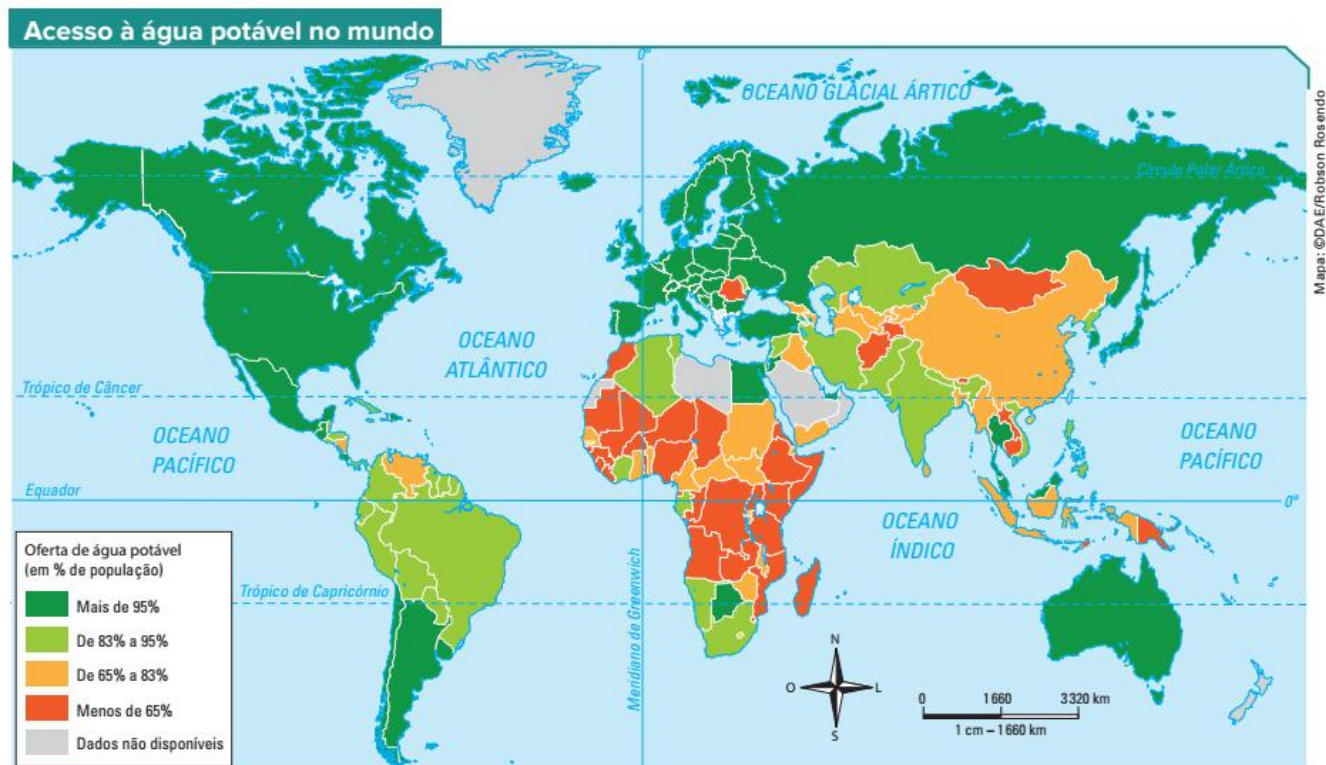


Fonte: REKACEWICZ, Philippe. *Le Monde Diplomatique*, 19 mar. 2008. Disponível em: <www.monde-diplomatique.fr/cartes/disponibiliteeau>. Acesso em: 10 out. 2015.

Como vimos no estudo das bacias hidrográficas, o clima é um dos fatores determinantes para a abundância ou a escassez de água em uma região. Se observarmos o mapa dos climas da Terra, na página 145 do Capítulo 9, e o compararmos ao da disponibilidade de água no mundo (mapa anterior), veremos que em regiões de clima árido e semiárido, por exemplo, a quantidade se concentra em poucos dias de uma estação do ano e, conseqüentemente, no restante do ano os rios recebem pouca água.

Nas regiões onde domina o clima desértico e semiárido, como no Oriente Médio, é comum a existência de rios temporários, que têm seu leito seco na época das estiagens. Já em regiões onde prevalece o clima úmido, com chuvas abundantes, a disponibilidade de água é maior. Nessas áreas, os rios são continuamente alimentados pelas águas de seus afluentes, como ocorre na região central da África.

Entretanto, nos últimos anos, a questão da disponibilidade de água no mundo tem sido condicionada a problemas de ordem ambiental, como a poluição e o assoreamento de rios e lagos. Anualmente, cursos de água e lençóis subterrâneos em todo o mundo são contaminados por milhões de toneladas de poluentes – resíduos industriais, dejetos domésticos, além de agrotóxicos e fertilizantes –, os quais comprometem a potabilidade da água em vários países e destroem a fauna e a flora em ambientes fluviais e lacustres. Tal fato tem gerado contradições e graves problemas sociais: em algumas nações com boa disponibilidade de recursos hídricos, como Congo, Bangladesh e Indonésia, parte da população não tem acesso à água própria para consumo; já em países com escassez de água, porém ricos em petróleo, como o Qatar e os Emirados Árabes, no Oriente Médio, a população dispõe de bons serviços de abastecimento.



Resolva os exercícios no caderno.

Compare as informações do mapa acima com as apresentadas no mapa “Disponibilidade de água no mundo”, na página 182. Além dos países citados no texto, em que países há contradição entre a disponibilidade de água doce e o acesso à água potável? Em qual(is) continente(s) a população mais sofre com o problema de acesso à água potável? Converse com os colegas a respeito das prováveis causas desse problema.

Fonte: REKACEWICZ, Philippe.
Le Monde Diplomatique,
 19 mar. 2008. Disponível em:
[www.monde-diplomatique.fr/
 cartes/eaupotable](http://www.monde-diplomatique.fr/cartes/eaupotable).
 Acesso em: 10 out. 2015.

Águas brasileiras: o mito da abundância

O Brasil é um país privilegiado com relação à disponibilidade de água. Devido à extensão territorial, à existência de dois aquíferos grandiosos (Alter do Chão e Guarani) e aos climas que atuam sobre o território (equatorial, tropical e subtropical), com altos índices pluviométricos, o país detém cerca de 53% do manancial de água doce disponível na América do Sul. Calcula-se, ainda, que o Brasil registra aproximadamente 12% da vazão total dos rios do mundo. Todo esse potencial hídrico tem um papel fundamental para a população e para a economia brasileira. Veja o gráfico ao lado.



Fonte: Portal EBC. Agricultura é quem mais gasta água no país e no mundo. Disponível em: <www.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-agua-no-brasil-e-no-mundo>. Acesso em: 10 out. 2015.

Professor, converse com os alunos sobre a situação dos recursos hídricos em seu município.

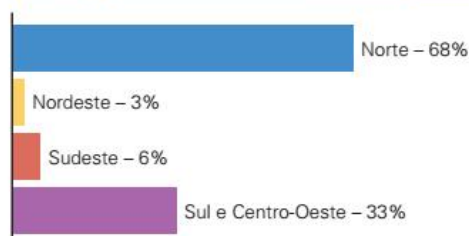
Resolva os exercícios no caderno.

Quais são os setores da sociedade que mais consomem água no Brasil? O que você diria da participação da população (urbano e rural) no consumo de água? Com base nesses dados, converse com os colegas e o professor a respeito das campanhas voltadas à economia de água em um município, um estado e até mesmo no país.

Desigualdades hídricas entre regiões

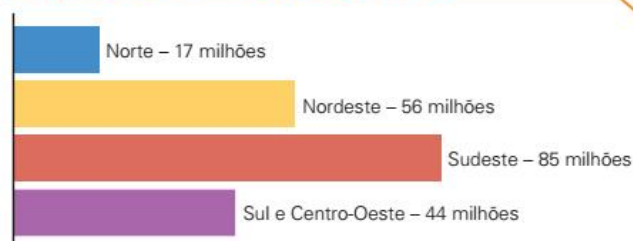
Ainda que tenha grande disponibilidade de recursos hídricos, o Brasil enfrenta problemas relacionados à restrição de água potável em algumas regiões. Se compararmos os gráficos a seguir, veremos que a Região Norte concentra a maior parte da água doce disponível no país e tem uma das menores populações. Em contrapartida, a Região Sudeste tem disponibilidade de água muito menor e concentra boa parte da população nacional. Na Região Nordeste também é possível perceber uma grande disparidade entre a disponibilidade de água doce e o contingente populacional.

Disponibilidade de água doce por regiões brasileiras



Fonte: SANASA. Disponível em: <www.sanasa.com.br/noticias/not_con3.asp?par_nrod=587&flag=PC-2>. Acesso em: 2 fev. 2016.

População brasileira por regiões



Fonte: IBGE. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm>. Acesso em: 10 out. 2015.

O Brasil vive uma crise hídrica?

Nas últimas décadas, a disponibilidade de recursos hídricos no Brasil, em qualidade e em volume, tem sido comprometida pelo aumento crescente da demanda por parte da população, sobretudo nas grandes áreas metropolitanas, e das atividades econômicas, principalmente do agronegócio, que se expande pelo interior do país. Além disso, é alarmante o processo de contaminação das águas por efluentes domésticos e por produ-

tos químicos industriais e agrícolas, fora o assoreamento do leito de rios e lagos, inclusive em áreas urbanas. A falta de ações por parte do Estado e a baixa eficácia de algumas medidas adotadas para resolver essa questão podem, a médio e longo prazo, comprometer a disponibilidade desse recurso natural no Brasil. O texto a seguir ilustra essa situação, mostrando como o problema vem afetando a região metropolitana de São Paulo.

O primeiro sinal veio em 2004. Foi nesse ano que a Sabesp, empresa de abastecimento de São Paulo, renovou a autorização para administrar a água na cidade. Mas tinha alguma coisa errada: a estrutura dos reservatórios parecia insuficiente para dar conta de tanta demanda e seria preciso realizar obras para aumentar a capacidade de armazenamento de água. De acordo com os planos da Sabesp, a cidade de São Paulo ficaria bastante dependente do Sistema Cantareira, o que era preocupante. Se a água dos tanques do sistema acabasse, seria o caos. E foi. Em julho de 2014, o volume útil da Cantareira, que atende 8,8 milhões de pessoas na Grande SP, esgotou. Com o esvaziamento do reservatório e as previsões pessimistas de falta de chuva, São Paulo se afogou na maior crise hídrica dos últimos 80 anos.

O Sistema Cantareira é um conjunto de represas criado nos anos 1970 como resposta ao rápido crescimento populacional em São Paulo. As represas ficam nas nascentes da bacia do Rio Piracicaba, a cerca de 70 quilômetros da capital. Para manter os reservatórios cheios, o sistema depende das chuvas de verão. Acontece que, nos primeiros três meses de 2014, choveu menos da metade do esperado para o período. A estiagem não foi de uma hora para a outra. Desde 2013, a chuva já estava abaixo da média na região. E olha que, dois anos antes, choveu tanto que o sistema operava com um nível superior a 100%.

Mas a culpa da crise na maior cidade do Brasil não é só da instabilidade de São Pedro. Ele jamais poderia prever, por exemplo, que a população crescesse tanto. De 4,8 milhões em 1960, o número de habitantes

da capital pulou para 11,8 milhões em 2013. Isso só a capital mesmo, sem contar as outras cidades da região metropolitana. A urbanização, que aumenta a poluição dos rios e dificulta o acesso à água potável, também entrou na mistura, junto com todos aqueles outros vilões que a gente já conhece: verticalização, impermeabilização do solo, falta de planejamento, sobrecarga do sistema de abastecimento e coleta. A Sabesp estima que, em São Paulo, 25% da água se perca no caminho entre a distribuidora e as torneiras das casas. [...]

Mesmo se chover mais do que qualquer meteorologista é capaz de prever, mesmo se a população compreender a necessidade urgente de uma redução drástica no consumo de água, ainda será preciso haver um plano de gestão mais eficiente. A recuperação do nível do Sistema Cantareira pode levar até 10 anos. Enquanto isso, a população vai continuar a crescer. Em algumas décadas, pode ser que nem os reservatórios atuais cheios deem conta do recado.

COHEN, Otávio. O fundo do poço. *Superinteressante*, São Paulo. Especial A crise da água. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/crise-agua/ofundodopoco.shtml>>. Acesso em: 10 out. 2015.

Após a leitura do texto, converse com os colegas sobre a relação entre o crescimento da população e a crise hídrica citada. Em seguida, realizem um debate a respeito das condições hídricas do município onde vivem. É possível discutir, por exemplo, sobre a qualidade da água distribuída à população; se existe racionamento no fornecimento de água e por quê; qual é a situação dos rios que correm em seu município: Existe poluição? Qual é a origem dela?

Competência de área 6: Compreender a sociedade e a natureza, reconhecendo suas interações no espaço em diferentes contextos históricos e geográficos.

Habilidade 30: Avaliar as relações entre preservação e degradação da vida no planeta em diferentes escalas.

De olho no Enem – 2012

A irrigação da agricultura é responsável pelo consumo de mais de 2/3 de toda a água retirada dos rios, lagos e lençóis freáticos do mundo. Mesmo no Brasil, onde achamos que temos muita água, os agricultores que tentam produzir alimentos também enfrentam secas periódicas e uma competição crescente por água.

MARAFON, G. J. et al. *O desencanto da terra: produção de alimentos, ambiente e sociedade*. Rio de Janeiro: Garamond, 2011.

No Brasil, as técnicas de irrigação utilizadas na agricultura produziram impactos socioambientais como:

- redução do custo de produção.
- agravamento da poluição hídrica.
- compactação do material do solo.
- aceleração da fertilização natural.
- redirecionamento dos cursos fluviais.

Gabarito: E

Justificativa: A alternativa **a** está incorreta por não condizer com o comando da questão, já que a redução

do custo de produção não é um impacto socioambiental. Além disso, é mais razoável afirmar que o uso de técnicas de irrigação tende a aumentar, e não a reduzir, o custo da produção. A alternativa **b**, embora apresente uma situação parcialmente verdadeira – pois, dependendo do tipo de cultivo e da técnica utilizada pela irrigação, ela pode, de fato, contribuir para a poluição hídrica –, não constitui a alternativa mais adequada à questão trazida pelo texto por não abordar, o problema da poluição dos recursos hídricos, mas sim de seu consumo expressivo para fins agrícolas. A alternativa **c** está incorreta, visto que pois a irrigação não produz a compactação dos solos. A alternativa **d** está incorreta, pois a afirmação apresentada, mesmo que ocorresse – o que não é o caso –, não constitui um impacto ambiental negativo. Portanto, a alternativa correta é a **b**, já que em muitos casos o uso de irrigação afeta os fluxos fluviais, produzindo impactos ambientais na bacia hidrográfica e sociais para as comunidades ribeirinhas.

Revisitando o capítulo

Resolva os exercícios no caderno.

1. Transcreva no caderno apenas a alternativa que apresenta fenômenos ligados diretamente ao ciclo hidrológico.
 - a. Precipitação; interceptação; infiltração; percolação.
 - b. Escoamento; evapotranspiração; infiltração; percolação.
 - c. Radiação; insolação; escoamento; subducção.
 - d. Tectonismo; evaporação; precipitação; percolação.
2. O que é bacia hidrográfica?
3. O que provoca a dinâmica das cheias e das vazantes nos rios durante o ano?
4. Existem rios temporários em sua região? A que se deve essa característica fluvial?
5. A respeito da grande região hidrográfica brasileira onde seu município está incluído, responda:
 - a. Quais são as principais atividades econômicas nela desenvolvidas?
 - b. De que maneira essas atividades podem interferir na dinâmica natural dos rios dessa região?
6. Diferencie poço freático de poço artesianos.
7. Como são chamados os dois maiores aquíferos brasileiros? Onde estão localizados?
8. Com base no estudo do capítulo, responda: Você acredita que o Brasil está passando por uma crise hídrica? Explique seu ponto de vista.

ANÁLISE DE TEXTO

O texto a seguir fala sobre o aquífero Guarani. Leia com atenção.

Imagine uma caixa-d'água. Coloque dentro dela areia. A água vai preencher os poros entre os grãos. Cubra com concreto, deixando livre as bordas. Geologicamente, essa poderia ser uma simplificação do aquífero Guarani, o imenso reservatório de água subterrânea que se estende por mais de 1 milhão de quilômetros quadrados pelas fronteiras do Mercosul, antiga área ocupada pelo povo guarani e que hoje abrange os territórios brasileiro, argentino, uruguaio e paraguaio.

Coberto por uma gigantesca estrutura de basalto sobre uma espessa camada de areia, o Guara-

ni contém cerca de 33 mil quilômetros cúbicos de água, dos quais hoje poderiam ser explorados 6%. É um conjunto de rocha arenítica saturado de água – e não um rio subterrâneo, como muita gente imagina. Essas rochas basálticas são extremamente férteis, e sobre o aquífero vivem cerca de 30 milhões de pessoas, com solo de alta produtividade agrícola.

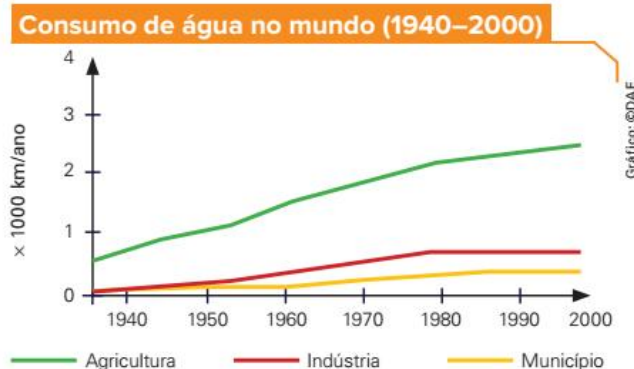
AQUÍFERO Guarani e a água do Mercosul. *Planeta Sustentável*, ano 10, n. 121, p. 82. Disponível em: <<http://planeta.sustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/agua-mercosul-esponja-541694.shtml>>. Acesso em: 18 out. 2015.

De acordo com o estudo do capítulo e com base no texto, responda:

- a. O que são aquíferos?
- b. Que função eles desempenham no ciclo hidrológico?
- c. Qual é a importância do Aquífero Guarani para a comunidade do Mercosul?
- d. Em sua opinião, que ações deveriam ser realizadas em conjunto pelos países onde o Aquífero Guarani está situado?

ANÁLISE DE GRÁFICO

O gráfico a seguir mostra a evolução do consumo de água no mundo, do ano de 1940 ao ano 2000. Analise-o com atenção.



Fonte: TEIXEIRA, Wilson et. al. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 451.

1. Descreva o uso da água, por setor representado, de 1940 a 2000.
2. Indique o ano em que o consumo de água passou a crescer mais aceleradamente em cada setor de atividade.
3. Se o consumo de água continuar a crescer na proporção atual, haverá água suficiente para todas as atividades humanas daqui a 100 anos? Explique sua resposta com base no que você aprendeu neste capítulo.

Enem e Vestibulares

Resolva os exercícios no caderno.

1. (Enem – 2012)

O uso da água aumenta de acordo com as necessidades da população no mundo. Porém, diferentemente do que se possa imaginar, o aumento do consumo de água superou em duas vezes o crescimento populacional durante o século XX.

TEIXEIRA, W. et al. Decifrando a Terra. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 2009.

Uma estratégia socioespacial que pode contribuir para alterar a lógica de uso da água apresentada no texto é a:

- a. ampliação de sistemas de reutilização hídrica.
- b. expansão da irrigação por aspersão das lavouras.
- c. intensificação do controle do desmatamento de florestas.
- d. adoção de técnicas tradicionais de produção.
- e. criação de incentivos fiscais para o cultivo de produtos orgânicos

2. (UFPR – 2015)

O Brasil apresenta uma situação confortável, em termos globais, quanto aos recursos hídricos. A disponibilidade hídrica per capita, determinada a partir de valores totalizados para o País, indica uma situação satisfatória [...]. Entretanto, apesar desse aparente conforto, existe uma distribuição espacial desigual dos recursos hídricos no território brasileiro. [...] O conhecimento da distribuição espacial da precipitação e, conseqüentemente, o da oferta de água, é de fundamental importância para determinar o balanço hídrico nas bacias brasileiras.

Sobre o uso, gestão e disponibilidade dos recursos hídricos no país, assinale a alternativa incorreta.

- a. A disponibilidade espacial dos recursos hídricos pode variar em função da sazonalidade, haja vista a diferença da precipitação, segundo os meses do ano e as regiões brasileiras.
- b. A região hidrográfica do rio São Francisco tem como característica os menores índices de precipitação do Brasil, enquanto na região hidrográfica da Amazônia são observados os maiores índices de precipitação.
- c. Uma das características do sistema de abastecimento de água para consumo humano no Brasil é a preponderância do uso dos mananciais superficiais.
- d. Há uma forte relação entre cobertura vegetal e água, pois o desmatamento pode provocar aumento do escoamento superficial e redução da infiltração, o que pode alterar o ciclo hidrológico.
- e. Os problemas de abastecimento de água observados no Brasil são conseqüências de alterações da sazonalidade das chuvas causadas pelas mudanças climáticas globais, e do aumento da demanda.

3. (Fuvest-SP – 2015)

As perspectivas ficaram mais pessimistas porque a seca atual do Sistema Cantareira é mais crítica que a de 1953, até então a pior da história e que servia de parâmetro para os técnicos dos governos estadual e federal.

O Estado de S. Paulo, 17/03/2014. Adaptado.

Acerca da crise hídrica apontada no texto anterior e vivida pela cidade de São Paulo e pela Região Metropolitana, é correto afirmar que a situação apresentada é de natureza, entre outras,

- a. geográfica e geopolítica, dado que a grave crise no abastecimento experimentada por essa região levou à importação de água de outros estados, assim como de países do Cone Sul.
- b. social e demográfica, já que políticas públicas de incentivo às migrações, na última década, promoveram o crescimento desordenado da população em áreas que seriam destinadas a represas e outros reservatórios de água.
- c. climática e pedológica, pois as altas temperaturas durante o ano provocaram a formação de chuva ácida e a conseqüente laterização dos solos.
- d. econômica e jurídica, levando-se em conta a flexibilidade da legislação vigente em relação a desmatamentos em áreas de nascente para implantação de atividades industriais e agrícolas.
- e. ecológica e política, posto que a reposição de água dos reservatórios depende de fatores naturais, assim como do planejamento governamental sobre o uso desse recurso.

4. (Unesp-SP – 2015) A escassez de recursos hídricos pode ser vista como resultado de um conjunto de fatores naturais e humanos que variam em cada região. No caso da região Sudeste, em especial da região metropolitana de São Paulo, entre os fatores humanos que contribuem diretamente para a restrição da disponibilidade de água estão:

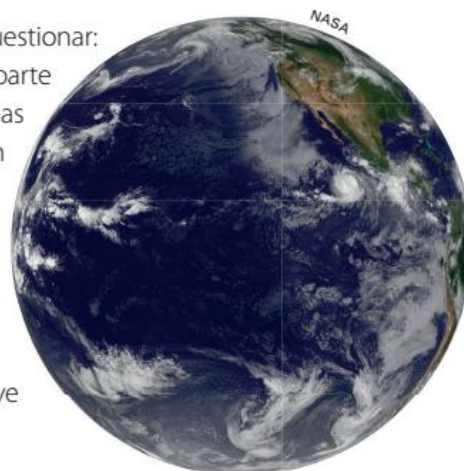
- a. a transposição de bacias hidrográficas e o grande consumo agrícola de recursos hídricos.
- b. a intensa poluição de rios e lençóis freáticos e o grande consumo urbano e industrial de recursos hídricos.
- c. o grande consumo urbano e agrícola de recursos hídricos e a inexistência de infraestruturas de captação, tratamento e distribuição de água.
- d. a preservação de vastas extensões de floresta nativa e a transposição de bacias hidrográficas.
- e. a inexistência de infraestruturas de captação, tratamento e distribuição de água e a intensa poluição de rios e lençóis freáticos.

CAPÍTULO 12

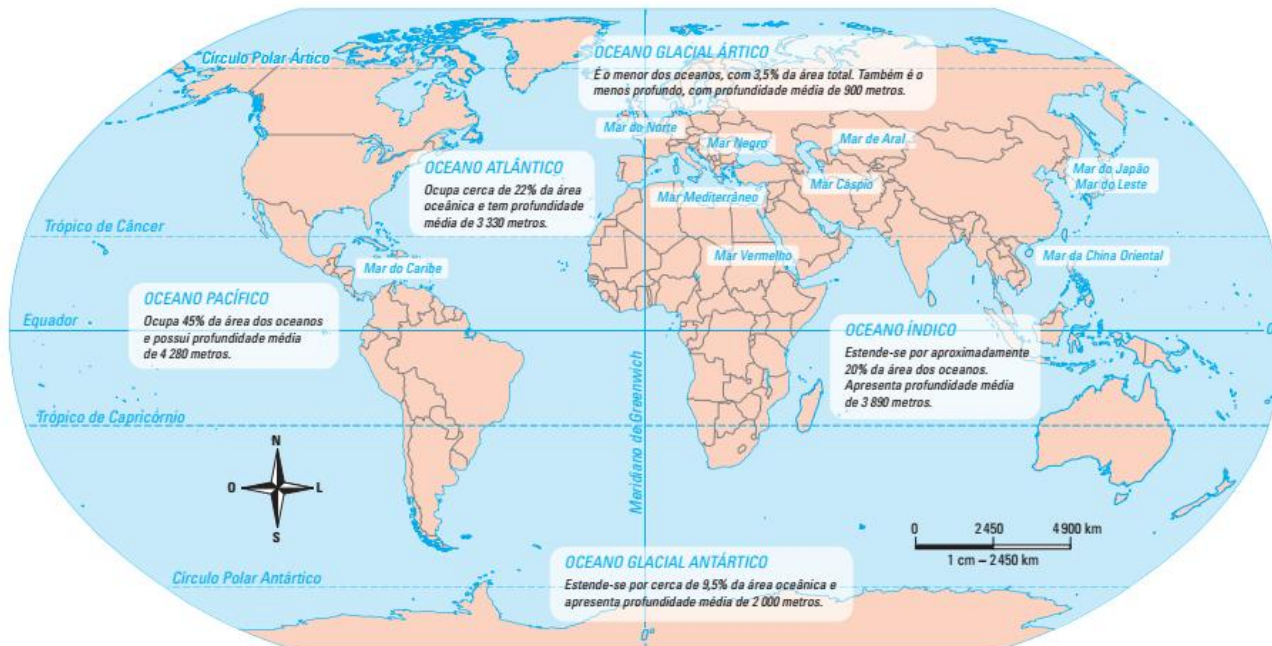
A ÁGUA NOS OCEANOS

Imagens com esta ao lado podem nos levar a questionar: Por que chamar de "Terra" um planeta em que a maior parte de sua superfície é coberta por uma imensidão de águas azuis? Provavelmente, esse fato remonta a uma época em que nenhum povo ainda concebia as dimensões que os mares tinham realmente.

Atualmente, sabe-se que aproximadamente 71% da superfície terrestre é recoberta pelas águas oceânicas. Os oceanos e mares da Terra não estão separados, mas interligados, formando uma única massa de água. Observe a localização deles por meio do planisfério que segue.



Oceanos e mares da Terra



Fonte: IBGE. Atlas Geográfico Escolar. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://atlasgeografico.ibge.gov.br/mapas-atlas/mapas-do-mundo>> Acesso em: 5 abr. 2016.

A vida nos oceanos e mares da Terra

As águas oceânicas concentram uma infinidade de seres vivos, muitos deles ainda pouco estudados ou conhecidos pelos seres humanos. Estima-se que, atualmente, existam cerca de 250 mil espécies de animais marinhos vivendo tanto nas faixas próximas à costa quanto nas águas oceânicas mais profundas.

Grande parte das espécies que se concentram na faixa litorânea, especialmente nos recifes e manguezais, possui hábitos estreitamente ligados às oscilações das marés e ao movimento das ondas, assunto que veremos nas páginas 246 e 247. É o caso das tatuíras, dos pequenos peixes, dos corais e dos crustáceos. Outra parte significativa da

As águas oceânicas são comumente divididas em zonas, delimitadas por características como profundidade, luminosidade, temperatura e distância da costa. Observe a imagem a seguir.

Diagrama tridimensional do oceano mostrando as zonas litorânea, pelágica e bêntica, com profundidade de penetração da luz solar.

0 m

200m

limite de penetração da luz solar

a zona costeira afetada pela ação das ondas constitui a zona litorânea

o fundo do oceano constitui a zona bêntica

as zonas abissal e bêntica coincidem abaixo da região de penetração de luz

o fundo do oceano abaixo da profundidade de penetração da luz do sol é chamado de zona abissal

a coluna de água acima do fundo do oceano constitui a zona pelágica

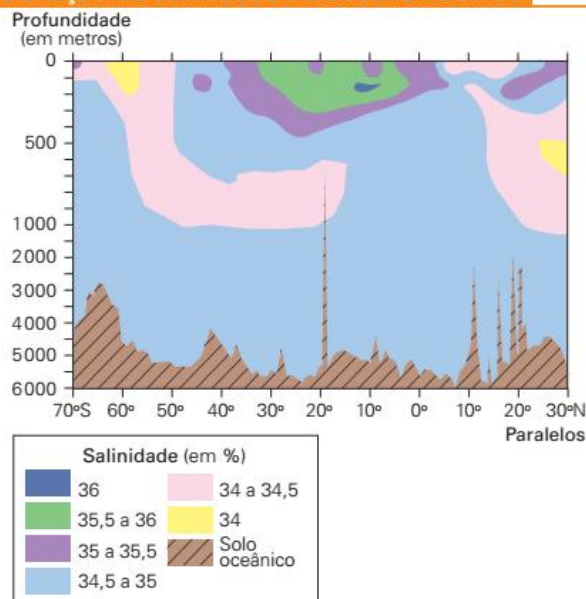
Davidson França

Fonte: PURVES, Willian K. et al. *Vida: a ciência da Biologia*. Porto Alegre: Artmed, 2009.

As águas dos oceanos e mares estão continuamente se movimentando pelo planeta e mantêm uma interdependência direta com a litosfera e, especialmente, com a atmosfera. Tal dinâmica proporciona uma série de particularidades a essa grande massa de águas, sobretudo no que se refere à salinidade, à temperatura e aos movimentos. É o que vamos estudar a seguir.

A salinidade e a temperatura são aspectos que variam nas águas oceânicas, especialmente em razão da profundidade e da latitude. Observe os gráficos que caracterizam a salinidade e a temperatura de acordo com a profundidade das águas do Oceano Pacífico.

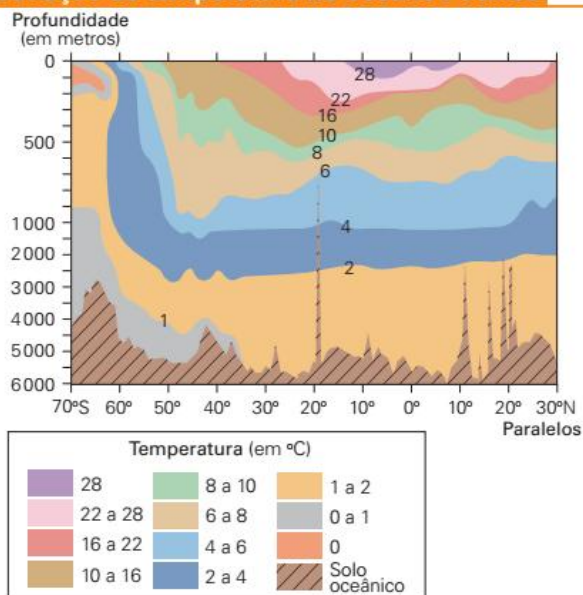
Variação de salinidade no oceano Pacífico



Fonte: Planeta Terra. Tradução de Patrícia Cenacchi. Rio de Janeiro: Abril, 1996.

Professor, oriente os alunos na análise do gráfico e do planisfério. No gráfico, mostre que o eixo da profundidade apresenta escala com descontinuidade nos valores.

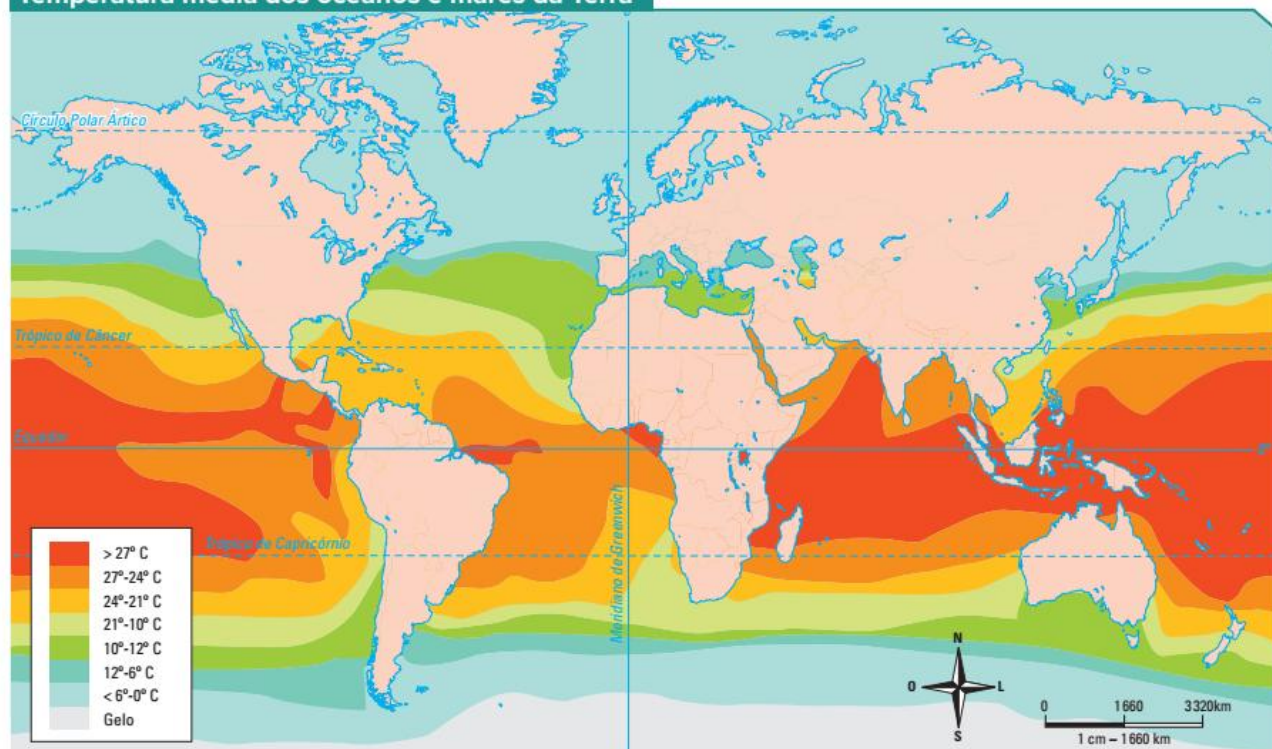
Variação de temperatura no oceano Pacífico



Gráficos: ©DAE

Nas regiões mais quentes (baixas latitudes), onde a água do mar passa por um processo de evaporação mais intenso, a salinidade é maior. No entanto, outros fatores interferem nessa propriedade. Nas regiões onde os oceanos recebem grandes descargas de água doce, como na foz dos grandes rios, por exemplo, ou nas proximidades das geleiras, a salinidade é menor. Observe as variações de temperatura nas diferentes regiões do planeta.

Temperatura média dos oceanos e mares da Terra



Fonte: TEIXEIRA, Wilson. et al. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 388.

A temperatura das águas oceânicas é mais elevada na zona tropical e mais baixa nas zonas polares. Além disso, as águas da superfície, por receberem diretamente a energia solar, são mais aquecidas que as águas mais profundas.

Qual é a origem da salinidade dos oceanos?

A salinidade da água do mar decorre de dois fatores. Um é o transporte, em solução, dos elementos químicos dissolvidos a partir do intemperismo das rochas da crosta continental, cujos constituintes mais abundantes e mais solúveis são: Na, Ca, Mg e K e, portanto, são os mais **lixiviados** durante a **denudação** das terras emersas. [...] O outro fator para a salinidade da água é o vulcanismo oceânico, que traz, do manto, água juvenil carregada em elementos químicos metálicos dissolvidos das rochas atravessadas. Esses elementos podem ser a fonte para os nódulos observados em certas regiões do assoalho oceânico.

TEIXEIRA, Wilson et al. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 377.

Lixiviação:

processo de remoção dos sais minerais solúveis presentes nas rochas ou no solo pelas águas das chuvas, o que, no caso deste último, resulta na diminuição progressiva de sua fertilidade.

Denudação:

processo de erosão e transporte de sedimentos de uma determinada superfície.

Movimentos das águas oceânicas

Entre os principais movimentos das águas oceânicas destacam-se as ondas, as marés e as correntes marítimas. Todos eles estão diretamente relacionados à constante interação entre as esferas terrestres. Vamos conhecer melhor cada um desses movimentos.

As ondas

Leia o título da reportagem e o texto que segue.

Gabriel Medina é o primeiro brasileiro campeão mundial de surf

No mês de janeiro do ano de 2014, o paulista Gabriel Medina foi destaque na mídia nacional e internacional ao conquistar o campeonato mundial de surf no Havaí (EUA), sendo o primeiro brasileiro campeão na categoria. Medina mostrou-se imbatível ao domar as superondas havaianas. Na ocasião, imagens impressionantes de ondas foram veiculadas. Veja.

Texto adaptado. Disponível em: <http://espn.uol.com.br/noticia/469527_gabriel-medina-e-o-primeiro-brasileiro-campeao-mundial-de-surf>. Acesso em: 21 mar. 2016.

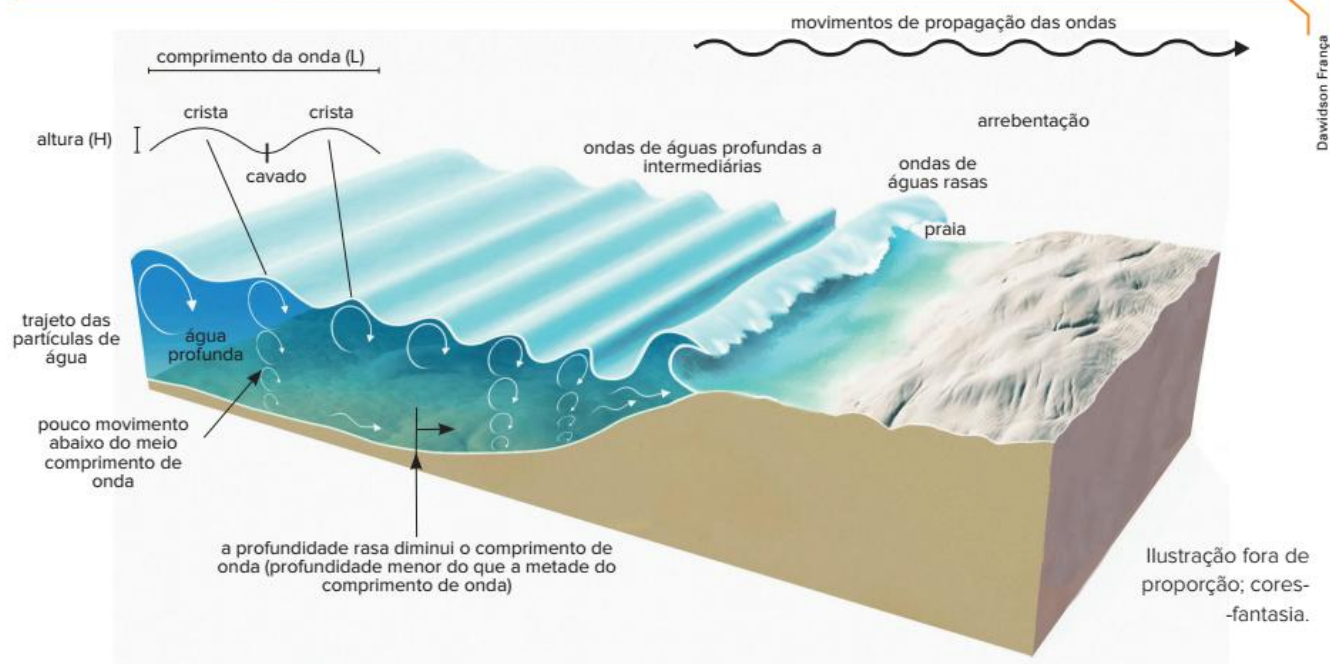
O fotógrafo Clark Little, surfista veterano, especializou-se em imagens de ondas. Nesta imagem, onda na praia de North Shore, Havaí, Estados Unidos.



Clark Little

As **ondas** ou **vagalhões** são movimentos originados pela ação dos ventos na superfície dos oceanos. Seu tamanho e forma resultam da combinação de fatores como a constância e a força dos ventos que as produzem, além das características do relevo litorâneo, especialmente de sua declividade. Observe as principais características da formação das ondas.

Formação das ondas



Fonte: CHRISTOPHERSON, Robert W. *Geossistemas: uma introdução à Geografia Física*. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 506.

Na onda, a água realiza movimentos circulares. O comportamento das ondas ao chegarem à costa depende da forma do relevo litorâneo. Em áreas de declividade acentuada, as ondas quebram abruptamente, propiciando a prática de esportes como o surfe. Já em áreas de relevo com baixa declividade as ondas se desfazem de modo suave.

As marés

Observe as fotografias.



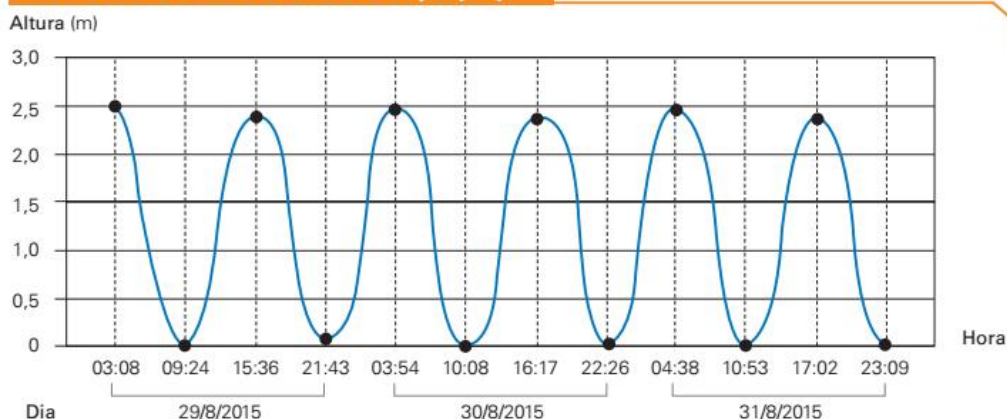
O movimento das marés provoca mudanças rápidas nas paisagens litorâneas. Em imagens de 2013, a Baía de São Marcos, São Luís (MA), está com maré baixa na foto A e com maré alta na foto B.



Fotografias: Maurício Simonetti/Pulsar Imagens

Se você vive em uma cidade litorânea, provavelmente está familiarizado com o movimento das marés, como visto nas fotografias anteriores. As marés são fenômenos desencadeados pela força gravitacional de atração do Sol e da Lua sobre as superfícies fluídas líquidas da Terra. A força de atração provoca a alternância de períodos diários de subida e de descida do nível da superfície dos oceanos. Dessa forma, temos duas **marés-altas** ou **marés-cheias** (processo de subida das águas) e duas **marés-baixas** ou **vazantes** (processo de regressão das águas) durante as 24 horas do dia. Os horários das marés mudam no decorrer do mês.

Tábua das marés – Porto de Suape (PE)

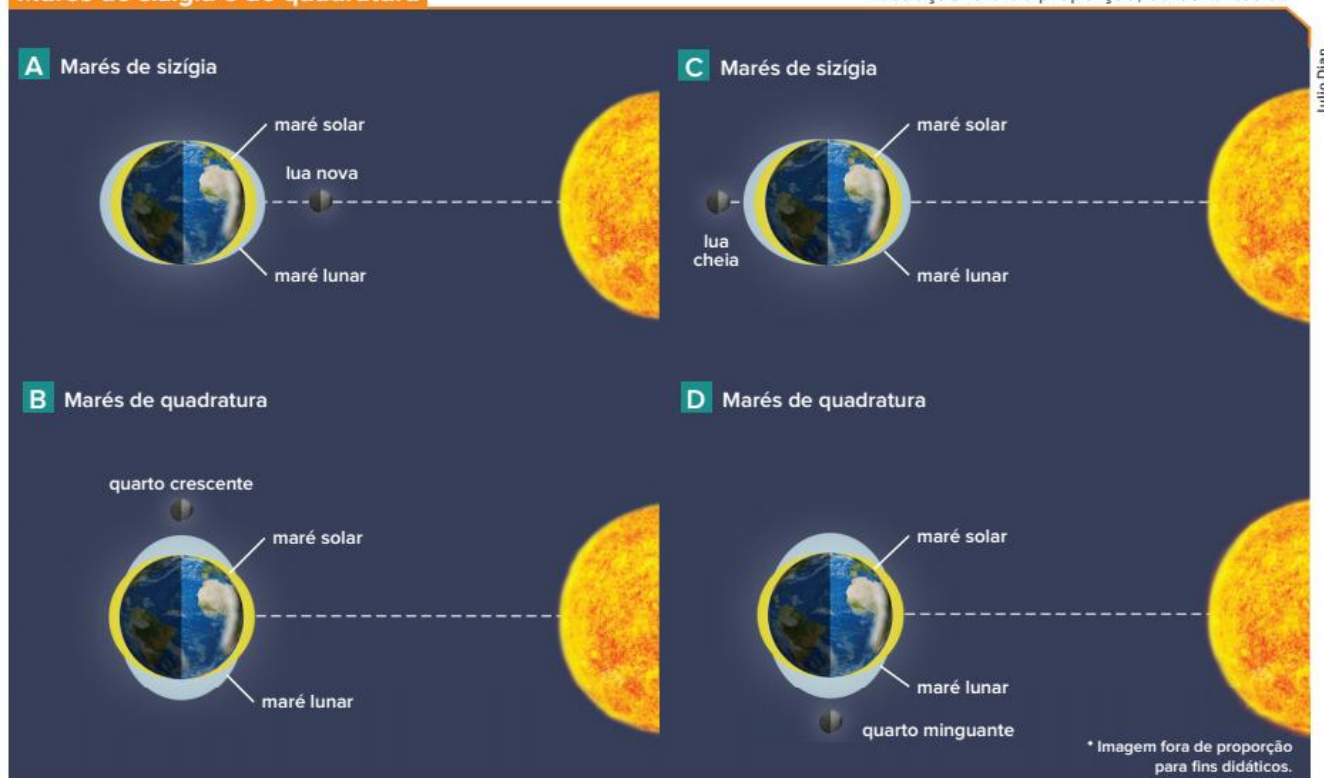


Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN); Centro de Hidrografia da Marinha (CHM); Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO). Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/30685Ago2015>. Acesso em: 12 abr. 2016.

A força de atração gravitacional é maior quando há o alinhamento entre o Sol, a Lua e a Terra. São as chamadas **marés de sizígia**. A atração gravitacional é menor quando não há essa conjunção entre os astros, dando origem às **marés de quadratura**. Observe o esquema na página abaixo.

Marés de sizígia e de quadratura

Ilustração fora de proporção; cores-fantasia.



Fonte: CHRISTOPHERSON, Robert W. *Geossistemas: uma introdução à Geografia Física*. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 503.

Manguezais: complexos ecossistemas

As marés não ocorrem da mesma maneira em todos os lugares do planeta, e a variação no nível do mar tanto pode ser de poucos centímetros como de uma dezena de metros. No mar Mediterrâneo, por exemplo, a amplitude das marés é muito menor do que a que ocorre no oceano Atlântico. Esses movimentos são fundamentais para a dinâmica oceânica, já que proporcionam, por exemplo, o transporte de sedimentos e a formação de ambientes onde vivem e se reproduzem muitas espécies marinhas, como crustáceos, moluscos e peixes. Esse é o caso dos chamados ecossistemas de manguezais.

Os manguezais localizam-se principalmente na costa litorânea das regiões tropicais e subtropicais do planeta, como o que vemos na foto, no litoral brasileiro. A abundância de nutrientes e a temperatura da água fazem dos manguezais verdadeiros berçários de centenas de espécies marinhas, especialmente de caranguejos, outros crustáceos, moluscos e peixes. Estes seres, por sua vez, são a base alimentar de muitas outras espécies que vivem em profundidades maiores.

No que se refere ao ser humano, os manguezais representam uma importante fonte de alimentos e renda para milhares de famílias que vivem em comunidades tradicionais na zona costeira. Do manguezal são extraídos moluscos, crustáceos e peixes que são consumidos pelas próprias famílias ou comercializados em feiras livres e com grandes compradores.

Devido à sua complexidade, o ecossistema de manguezal é objeto de estudo não somente para **geógrafos**, mas também para vários especialistas, como **oceanógrafos** e **biólogos marinhos**. Esses profissionais desenvolvem pesquisas voltadas, sobretudo, para as características físicas, biológicas, geológicas, geográficas e químicas das águas oceânicas. Tais pesquisas permitem conhecer detalhadamente os movimentos das águas oceânicas e sua interdependência em relação à atmosfera terrestre; os seres que habitam os oceanos, sua diversidade e as características dos ecossistemas; a origem, a distribuição e a composição das águas e do fundo marinho. Além disso, as pesquisas oceanográficas possibilitam o monitoramento e o planejamento do uso dos recursos aquáticos pelos seres humanos.



Tales Azzi/Pulsar Imagens

Na fotografia, de 2015, podemos observar uma área de mangue na Ilha do Boipeba, Cairu (BA).

As correntes marítimas

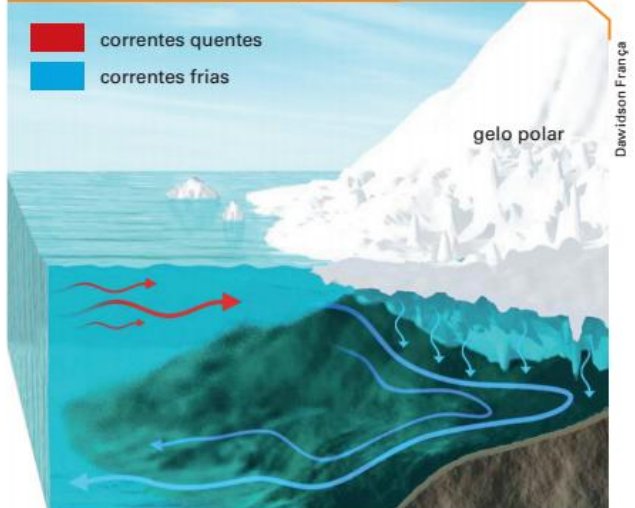
Os processos oceânicos são os mais importantes reguladores das temperaturas do planeta, e as correntes marítimas ou marinhas, em especial, mantêm forte interdependência com os processos atmosféricos, dinamizando-os e sendo dinamizadas por eles.

A circulação das correntes marítimas permite o equilíbrio climático da Terra porque leva as águas quentes das zonas equatoriais para as zonas mais frias (de maiores latitudes) e vice-versa. Isso determina as características climáticas de diferentes regiões. A corrente quente do Golfo, por exemplo, ameniza o rigor do inverno na Inglaterra. Já a corrente fria de Humboldt, na costa oeste da América do Sul, traz águas frias e muitos nutrientes para latitudes mais baixas, tornando as águas extremamente piscosas.

As correntes marítimas movimentam grandes porções de água oceânica. Elas são como grandes rios que fluem em meio a um corpo de água maior, o oceano. Esse movimento é provocado especialmente pela interação entre a energia solar, os fenômenos atmosféricos (ventos, ciclones, anticiclones, etc.) e os movimentos de rotação e translação do planeta, responsáveis pelo efeito Coriolis, como vimos no Capítulo 8. As correntes marítimas possuem características diferentes, tanto em relação à temperatura e à cor quanto em relação à salinidade. Veja como se dá o movimento das correntes marítimas no planisfério abaixo. E, no esquema que o acompanha, observe o exemplo de como ocorre o seu resfriamento nas regiões polares.

Professor, explique o efeito Coriolis sobre o deslocamento das águas oceânicas. Faça um paralelo com o que foi visto no Capítulo 8, sobre as grandes correntes de ventos.

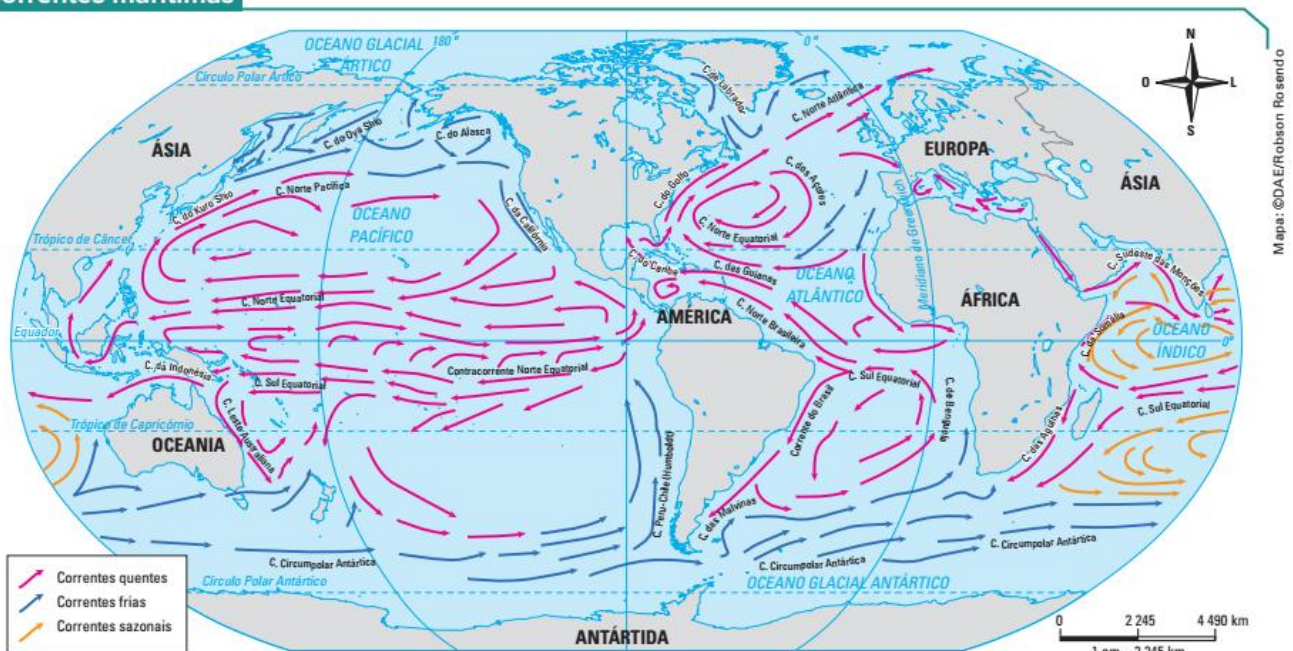
Subducção das águas oceânicas nas regiões polares



Fonte: REFERENCE atlas of the world. London: Dorling Kindersley, 2007.

Ilustração fora de proporção; cores-fantasia.

Correntes marítimas



No Hemisfério Norte, as correntes deslocam-se no sentido horário. No Hemisfério Sul, as correntes deslocam-se no sentido anti-horário.

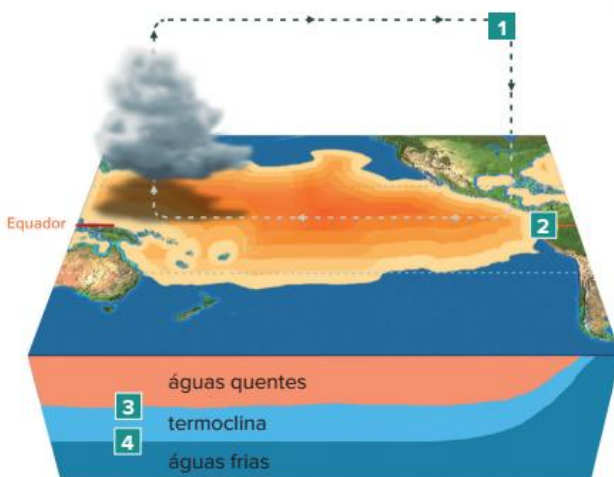
Fonte: IBGE. Atlas Geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. Rio de Janeiro, 2011. p. 73. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv55263.pdf>>. Acesso em: 2 fev. 2016.

El Niño: fenômeno atmosférico e oceânico

O **El Niño**, denominado **Enos** pelos meteorologistas (El Niño – Oscilação Sul), é um fenômeno natural que ocorre em intervalos cíclicos de três a cinco anos na região tropical do oceano Pacífico e envolve processos de interação entre a atmosfera e a hidrosfera, acentuando a atuação do clima e modificando as características térmicas de algumas correntes marítimas, o que afeta diretamente a paisagem de diferentes lugares do planeta.

Os pesquisadores ainda não sabem exatamente o que desencadeia o fenômeno. Afirmam-se, contudo, que ele tem início com a diminuição dos ventos alísios, fato que provoca o aquecimento das águas de superfície no oceano Pacífico, entre a costa do Peru e a da Austrália, interferindo no sistema da circulação atmosférica global. Observe no esquema abaixo como ocorre o fenômeno.

Condições atmosférico-oceânicas normais

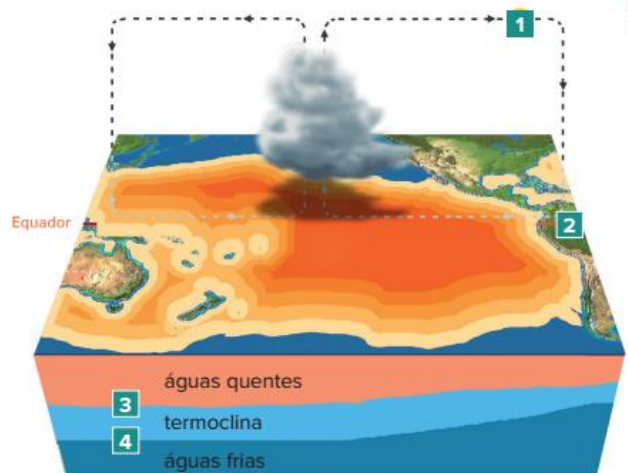


- 1 Célula de circulação do ar.
- 2 Os ventos alísios sopram no sentido leste-oeste.
- 3 A temperatura da superfície do mar é maior próximo ao continente australiano e na Indonésia.
- 4 Formam-se zonas de transição entre as águas quentes e as mais frias, as termoclinas. Os ventos alísios levam as águas mais quentes para oeste, fazendo as águas mais frias aflorarem a leste (mecanismo chamado ressurgência).

Ilustrações fora de proporção;
cores-fantasia.

Fonte: Centro de Previsão de
Tempo e Estudos Climáticos
(CPTEC). Disponível em:
<<http://enos.cptec.inpe.br>>.
Acesso em: 15 set. 2015.

Condições atmosférico-oceânicas em períodos de El Niño



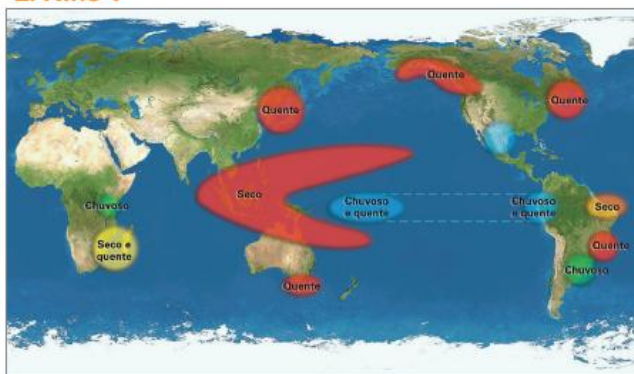
- 1 Com o aquecimento das águas do Pacífico Central, a célula de circulação do ar se desloca para o leste.
- 2 Os ventos alísios abrandam sua intensidade, diminuindo as chuvas na Austrália e na Indonésia.
- 3 A temperatura da superfície do mar se eleva.
- 4 A termoclina torna-se menos rasa e, sem os ventos alísios, diminui a ressurgência.

Ilustrações: Davidson França

Outro fenômeno que também ocorre nas águas do Pacífico é o La Niña, que se caracteriza de modo inverso. Geralmente após os anos de El Niño muito forte, os ventos alísios intensificam-se e, como consequência, a temperatura média da água no oceano diminui, tornando-se mais baixa que o normal. Assim, novamente as condições atmosféricas em várias partes do planeta são alteradas.

Efeitos do El Niño no clima global

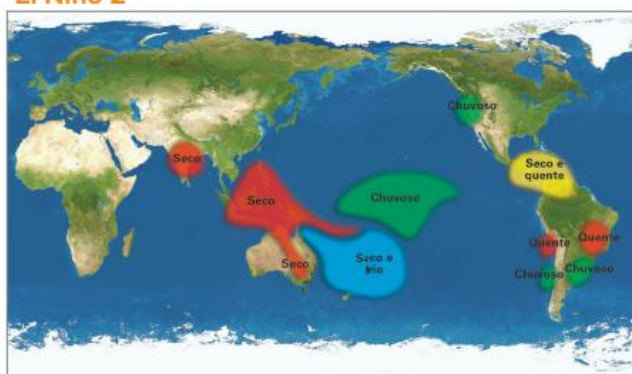
El Niño 1



dezembro, janeiro e fevereiro

Invernos mais chuvosos nos Estados Unidos, no norte do Chile e no sul do Peru. Secas extremas no Sudeste Asiático, como nas Filipinas, Indonésia e Tailândia. Invernos mais frios nos países do Leste Europeu e na Rússia. Temporada de fortes tufões no Oceano Pacífico e de poucos furacões no Oceano Atlântico. No Brasil: secas prolongadas na região Nordeste e fortes chuvas na região Sul.

El Niño 2



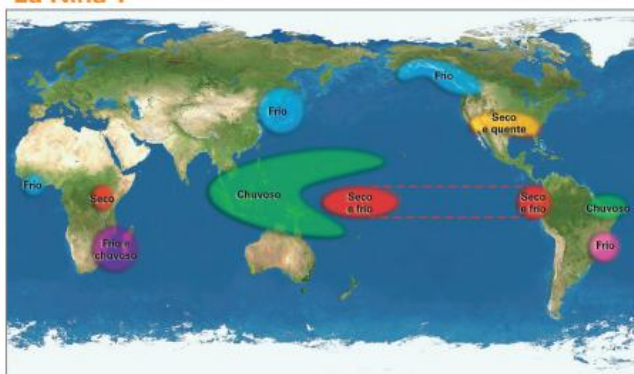
junho, julho e agosto

Fonte: INPE. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/#>>. Acesso em: 2 fev. 2016.

Ilustrações: Julio Dian

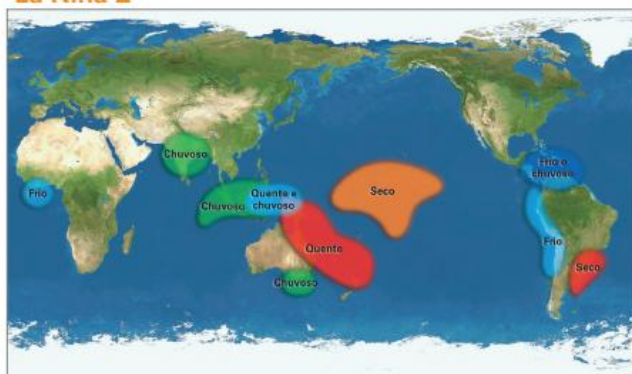
Efeitos do La Niña no clima global

La Niña 1



Invernos rigorosos na costa oeste da América do Norte, Japão e leste da China. Chuvas intensas com enchentes no Sudeste Asiático. Invernos com temperaturas acima da média na Oceania. No Brasil: chuvas abundantes nas regiões Norte e Nordeste e secas prolongadas na região Sul.

La Niña 2



Fonte: INPE. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/#>>. Acesso em: 2 fev. 2016.

Ilustrações: Julio Dian

Por que El Niño?

O fenômeno que recebeu esse nome tão peculiar é conhecido há muito tempo. Existem documentos do século XV que testemunham esse fenômeno. Seu nome, contudo, se deve à chamada corrente do Niño, nome que os pescadores do Peru davam às águas quentes que se aproximavam da costa por volta do Natal. Justamente por isso, eles deram esse nome em homenagem ao Menino Jesus (Niño Jesus). Posteriormente, o nome estendeu-se ao conjunto dos fenômenos dos quais essa corrente é apenas uma parte.

ENCICLOPÉDIA DO ESTUDANTE. *Ciências da Terra e do Universo*. São Paulo: Moderna. 2008. p.111.



Valter Ferrari

► A poluição dos oceanos

Os oceanos são grandes fontes de alimento pela riqueza de sua vida marinha, porém vêm enfrentando vários problemas provocados por ações humanas. Cerca de 40% da população mundial vive em regiões litorâneas, onde também se localizam treze das vinte metrópoles mais populosas do mundo. Desse modo, o mar, que recebe toda a carga vinda dos rios, tornou-se depósito do lixo produzido nessas imensas áreas urbanizadas, além de receber anualmente toneladas de esgoto doméstico e industrial, de elementos químicos como pesticidas, etc. Assim, a fauna marinha acaba sendo contaminada. O **plâncton**, por exemplo, quando atingido pela poluição das águas, contamina os animais maiores e os peixes que dele se alimentam.

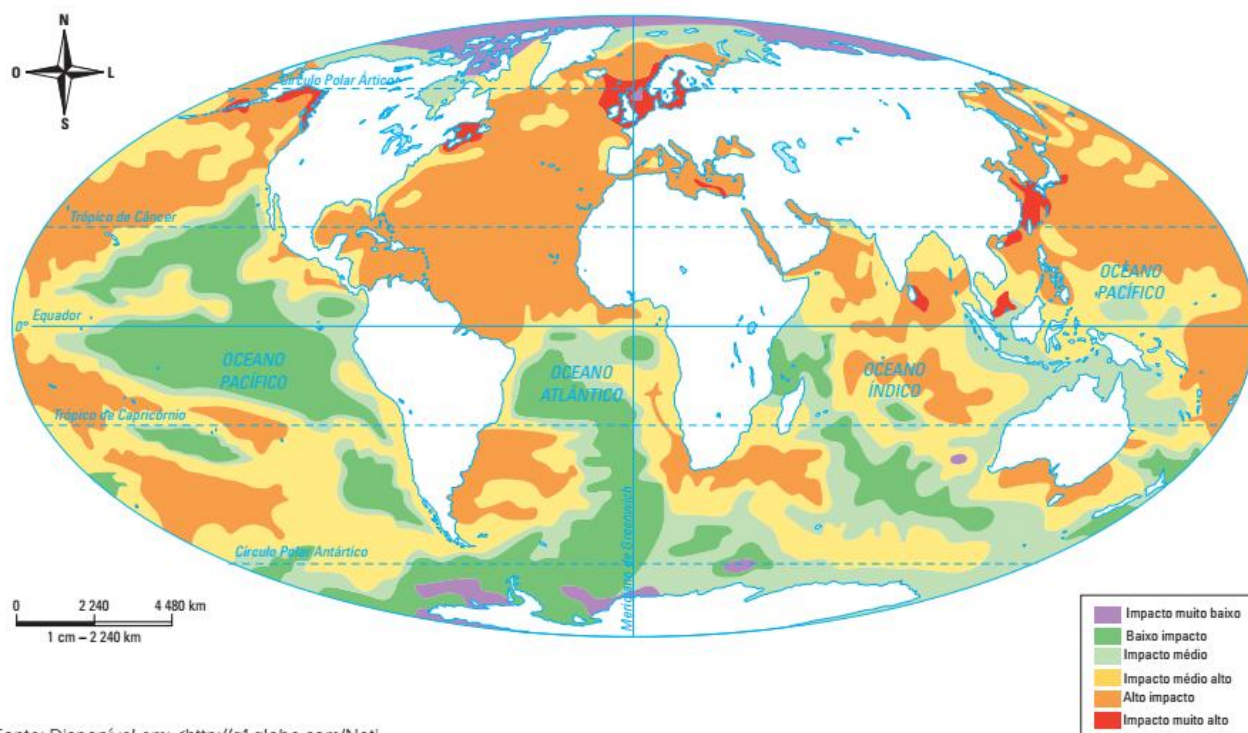
Plâncton:
pequenos organismos aquáticos que são a base da cadeia alimentar marinha. Pode ser dividido em zooplâncton (como minúsculos crustáceos) e fitoplâncton (como algas microscópicas).

A pesca predatória é outro problema que atinge a fauna oceânica. Esse tipo de atividade ocorre principalmente quando os grandes navios pesqueiros retiram do mar milhares de toneladas de peixes sem nenhum controle quanto à seleção das espécies e à época de reprodução de cada uma, podendo acarretar a extinção de espécies.

Algumas áreas pesqueiras já estão em declínio. Além disso, a busca por recursos genéticos fósseis vem afetando os oceanos. Existem no mundo, aproximadamente, seis mil plataformas de gás e petróleo, e os acidentes de manutenção dessas estruturas descarregam até 70% do óleo que polui o mar e afeta a vida marinha.

O planisfério a seguir mostra as principais áreas oceânicas afetadas pela ação antrópica no planeta. Observe-o.

Áreas oceânicas afetadas pela ação antrópica



Fonte: Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/O.MU1300327-5603,00-MAPA+MOSTRA+IMPACTO+DE+ACAO+HUMANA+SOBRE+OCEANOS.html>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

Plástico: vilão do mar

Leia o texto a seguir e observe os mapas.

Em pleno oceano Pacífico, a mais de 3000 quilômetros de distância de qualquer continente, sem uma única fábrica ou cidade por perto, numa reserva de vida selvagem administrada pelos Estados Unidos, o plástico jogado no lixo causa uma devastação: ao ingeri-lo, filhotes de albatroz morrem aos milhares, engasgados, envenenados ou desnutridos.

Trata-se das Ilhas Midway, uma estreita faixa de areia e corais que serve de abrigo a 2 milhões de albatrozes e que, para infortúnio deles, fica próximo ao que se convencionou chamar de “lata de lixo do Pacífico” – um ponto no oceano para onde convergem correntes marítimas que, na passagem por grandes centros urbanos, arrastam todo tipo de lixo descartado indevidamente. Ao vasculharem o mar atrás de alimento, os albatrozes de Midway confundem lixo com comida. Parte eles engolem (uma pesquisa mostrou que todas as aves trazem algum tipo de plástico no corpo), parte levam de volta aos filhotes, resultando no que se vê no estômago da ave na foto desta página.

Calcula-se que um terço dos filhotes morra por causa disso. Para documentar a tragédia, o fotógrafo americano Chris Jordan pôde visitar a reserva de Midway durante um mês em 2009. Ao longo do trabalho, manteve-se, segundo afirma, totalmente fiel às imagens que encontrou: “Nem um único pedaço de plástico nas fotos foi movido, colocado, manipulado, ajeitado ou alterado de alguma forma”. Em outras palavras, poluição em estado bruto.

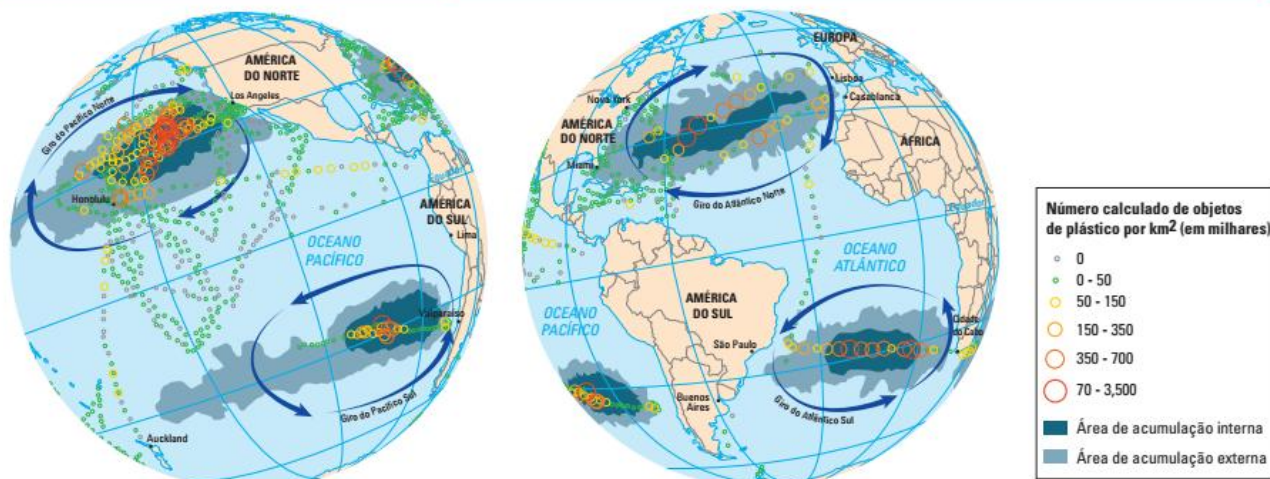
BYDLOWSKI, Lizia. Abatido pelo plástico. *Véja*. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/lixo/atol-perdido-pacifico-albatrozes-alimentam-filhotes-morrem-poluicao-682966.shtml>>. Acesso em: 2 fev. 2016

Paul Kennedy/Getty Images



Restos de plantas e saco plástico nas águas equatoriais do Oceano Índico, perto de Pulau Bunaken, Indonésia, 2013.

Lixo plástico flutuante nos oceanos



Mapas: ©DAE/Robson Rosendo

Resolva os exercícios no caderno.

Milhares de toneladas de objetos plásticos flutuam pela superfície dos oceanos da Terra e formam grandes ilhas de lixo, de acordo com a direção e a velocidade das correntes marinhas. Onde essas áreas estão concentradas? Descreva sua localização de acordo com os hemisférios da Terra (Oriental, Ocidental, Norte ou Sul). Após analisar o mapa e o texto, em sua opinião, é possível você ter alguma participação ativa para evitar os problemas destacados no texto e nos mapas? Explique.

Fonte: PARKER, Laura. La prima mappa della spazzatura oceanica. *National Geographic Italia*. Disponível em: <www.nationalgeographic.it/ambiente/2014/07/17/news/mappa_estensione_plastica_oceani-2216804/?refresh_ce>. Acesso em: 2 fev. 2016

Revisitando o capítulo

Resolva os exercícios no caderno.

1. Sobre as zonas dos oceanos, responda:
 - a. Em qual delas vive um maior número de espécies? Por quê?
 - b. Existe alguma zona oceânica onde não haja vida? Explique.
2. Que fatores determinam as variações de salinidade e temperatura nas águas oceânicas?
3. Por que as águas oceânicas são salgadas? De quais fatores decorre essa particularidade?
4. A forma e o tamanho de uma onda resultam de uma combinação de fatores: quais são eles?
5. As marés-cheias e as preia-mares ocorrem todos os dias no mesmo horário? Por quê?
6. O que são marés de sizígia e marés de quadratura?
7. Qual é a importância dos manguezais para os ecossistemas oceânicos?
8. No que se refere às correntes marítimas, diga:
 - a. Quais são as suas principais características térmicas?
 - b. Qual é a importância do seu movimento de circulação?
 - c. Por que esse movimento ocorre?
9. Os fenômenos El Niño e La Niña deixam explícita a interdependência entre as esferas terrestres. Explique por quê.

PRODUÇÃO DE TEXTO

Pra mim, a primeira ideia é que o mar é muito misterioso... Que tem tanta coisa no fundo do mar que a gente não tem ideia mesmo.

Maria Emilia, bióloga, Projeto Baleia Jubarte.

Pra mim, o mar é vida. É o que tem de mais importante pra mim. Eu dependo dele, eu sobre vivo dele.

Nelço, pescador, Torres, RS.

O mar pra mim... eu gosto dele. Também nunca abusei com ele. Eu respeito. O mar é meu amigo, sabe. Quando ele tá muito bravo e eu entro nele, ele fica mansinho.

Egílio, pescador, Cananeia, SP.

O mar para mim é um... um grande sonho...

Kleber, oceanólogo, Projeto Nema, RS.

O mar, para mim, é violento. Tem pescador que não acha, mas eu acho o mar muito perigoso.

Aureo, pescador, Arraial do Cabo, RJ.

Os mares e o homem. *Alô escola*. Disponível em: <http://cmais.com.br/aloescola/ciencias/maravista/1/1mar3.html>. Acesso em: 15 ago. 2015.

As frases que você acabou de ler expressam os sentimentos – alguns bons, outros não – de diferentes

pessoas em relação ao mar. De fato, a porção de água salgada da hidrosfera ora nos transmite paz e tranquilidade, ora temor, ora curiosidade...

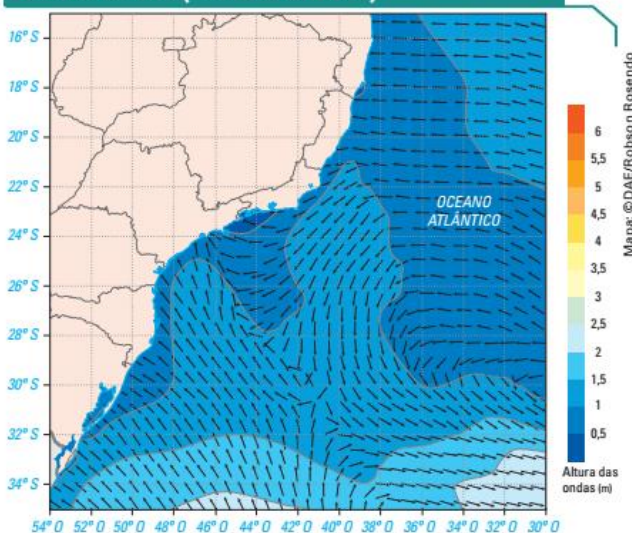
Qual o significado dos oceanos terrestres para você? Produza uma pequena narrativa expressando sua opinião e seu sentimento em relação a essas grandes massas de água e reflita sobre a importância de sua preservação para a manutenção da vida em nosso planeta. Você poderá também compor um poema.

ANÁLISE DE MAPA

Diferentes atividades, como a pesca e os esportes náuticos, contam com o auxílio de mapas especializados que permitem conhecer os movimentos do mar. O mapa das ondas, por exemplo, apresenta a previsão da altura e da direção das ondas na região litorânea. Observe o gráfico das ondas e, em seguida, responda às questões.

Sobre o gráfico de ondas, resolva as questões:

Direção e altura das ondas no litoral Centro-Sul do Brasil (em 2 fev. 2016)



Fonte: Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Disponível em: http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=113&Itemid=427. Acesso em: 16 abr. 2016.

- a. Que áreas do litoral brasileiro são mostradas no mapa?
- b. Descreva a situação das ondas mostradas no mapa.
- c. Como a altura das ondas está representada? Quais são as áreas de ondas mais altas e as mais baixas?
- d. Qual é a importância de gráfico como esse para pescadores e praticantes de esportes como o surfe e o kitesurf?

Enem e Vestibulares

Resolva os exercícios no caderno.

1. (Enem – 2014)

Os dois principais rios que alimentavam o Mar de Aral, Amurdarya e Sydarya, mantiveram o nível e o volume do mar por muitos séculos. Entretanto, o projeto de estabelecer e expandir a produção de algodão irrigado aumentou a dependência de várias repúblicas da Ásia Central da irrigação e monocultura. O aumento da demanda resultou no desvio crescente de água para a irrigação, acarretando redução drástica do volume de tributários do Mar de Aral. Foi criado na Ásia Central um novo deserto, com mais de 5 milhões de hectares, como resultado da redução em volume.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: Rima, 2003.

A intensa interferência humana na região descrita provocou o surgimento de uma área desértica em decorrência da

- a. erosão.
- b. salinização.
- c. laterização.
- d. compactação.
- e. sedimentação.

2. (UFPR – 2014) Segundo a previsão climática publicada pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE) em 19/07/2012, “a previsão é de que as águas superficiais do Oceano Pacífico tropical evoluam para um padrão anormalmente mais aquecido, dando indicação da evolução de condições de neutralidade para condições típicas de um fenômeno El Niño durante os meses de agosto, setembro e outubro de 2012”. Considere a relação dos seguintes efeitos climáticos com o fenômeno El Niño:

- 1. Aumento da probabilidade de *tsunami* para as áreas costeiras brasileiras.
- 2. Seca severa para a região Sul e precipitação abundante para a região Nordeste do Brasil.
- 3. Enfraquecimento dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial.
- 4. A célula de Walker fica bipartida e mais próxima da costa oeste da América do Sul.

Correspondem aos efeitos mais frequentes do El Niño no planeta os apresentados nos itens:

- a. 1 e 2 apenas.
- b. 3 e 4 apenas.
- c. 2 e 3 apenas.
- d. 2, 3 e 4 apenas.
- e. 1, 2, 3 e 4.

3. (UNICAMP-SP – 2015) No mês de julho de 2014, uma chuva de granizo em uma praia do rio Ob, na cidade de Novosibirsk, na Sibéria, produziu duas vítimas fatais. Esse tipo de evento atmosférico é relativamente raro em latitudes médias e altas, sendo sua ocorrência mais frequente em regiões equatoriais, onde há maior incidência de formação de nuvem do tipo cumulonimbus. A ocorrência do mencionado fenômeno está associada

- a. ao fenômeno do “El Niño”, que produz mais evaporação da água de rios, mares e canais, afetando também as regiões temperadas e polares.
- b. a uma anomalia das condições atmosféricas locais, resultante da influência dos ventos quentes vindos do sul da Rússia.
- c. ao período de verão, estação em que ocorre mais frequentemente o aumento da temperatura média e maior evaporação da água.
- d. ao deslocamento de nuvens da Europa mediterrânea, de clima quente e úmido, produzindo chuvas torrenciais nas regiões polares.

4. (UFRGS-RS – 2014) Considere as seguintes afirmações sobre os problemas ambientais dos oceanos.

- I. As grandes extensões dos oceanos reduzem a concentração dos poluentes, oriundos de atividades humanas, não oferecendo riscos significativos à fauna marinha.
- II. A pesca predatória em escala industrial retira do mar milhares de toneladas de peixes sem nenhum controle quanto à seleção das espécies e à época de reprodução, podendo levar cardumes inteiros ao desaparecimento.
- III. O vazamento de petróleo pode ocorrer em navios petroleiros, nas plataformas de extração e nos oleodutos de distribuição, causando danos enormes ao ecossistema marinho.

Quais estão corretas?

- a. Apenas I.
- b. Apenas II.
- c. Apenas III.
- d. Apenas II e III.
- e. I, II e III.

A DINÂMICA LITOSFÉRICA E AS PAISAGENS TERRESTRES

Observe a imagem a seguir.



© G. Brad Lewis/MediaDrumWorld/ZUMAPRESS.com

As paisagens de nosso planeta possuem características peculiares porque resultam da interação dos elementos pertencentes às diferentes esferas terrestres. Estudaremos neste capítulo a dinâmica da litosfera, impulsionada pelas forças provenientes do interior da Terra e também por vários agentes externos ligados à hidrosfera e à atmosfera. Hoje sabemos, por meio de várias evidências, que a litosfera não é estática – ao contrário, encontra-se em contínuo processo de transformação. Exemplo disso é a extraordinária força que se manifesta nos vulcões ativos, como o apresentado na fotografia.

A litosfera é a camada que separa o que há no interior de nosso planeta das esferas superficiais: a hidrosfera e a atmosfera. Composta principalmente de rochas e solo, é a mais rígida das esferas. Esse estrato terrestre corresponde ao meio onde vivem os seres humanos: é nele que são construídas cidades e estradas, plantadas lavouras e pastagens, entre outras tantas atividades. É na litosfera que a sociedade obtém boa parte de seu sustento, e é nela que ocupa e estabelece territórios, organizando o espaço geográfico.

Vulcanólogos desenvolvendo trabalho de coleta de amostras de lava na cratera do vulcão Kilauea, no Havaí, no ano de 2015.

► A litosfera e a estrutura interna da Terra

A litosfera, ou crosta terrestre, consiste em uma das três partes que compõem a estrutura interna da Terra. As outras duas partes são o manto e o núcleo. Essas porções de nosso planeta se diferenciam bastante, tanto em relação às propriedades físicas – temperatura e espessura – quanto no que se refere à composição química.

- A **crosta**, de composição rochosa, é a camada mais rígida. Pode ser dividida em dois tipos: a **crosta oceânica**, que corresponde ao fundo dos oceanos, composto principalmente de rochas basálticas, e a **crosta continental**, que corresponde às terras emersas; esta é composta de tipos diferentes de rochas e é mais espessa do que a crosta oceânica.
- O **manto**, também chamado de astenosfera, localiza-se abaixo da crosta e está separado dela por uma camada denominada descontinuidade de Moho. Pode ser dividido em duas regiões: o **manto superior**, em contato com a crosta, é composto de rochas em processo de solidificação; já o **manto inferior**, mais próximo ao núcleo, onde há altas temperaturas, é composto de rochas em estado pastoso, o **magma**.
- A parte central do planeta chama-se núcleo. Acredita-se que ele seja formado por um **núcleo interno**, de composição metálica e que constitui a região mais quente da Terra (cerca de 5 000 °C), e por um **núcleo externo**, com temperaturas um pouco mais baixas, composto de elementos químicos fundidos.

Estrutura interna da Terra

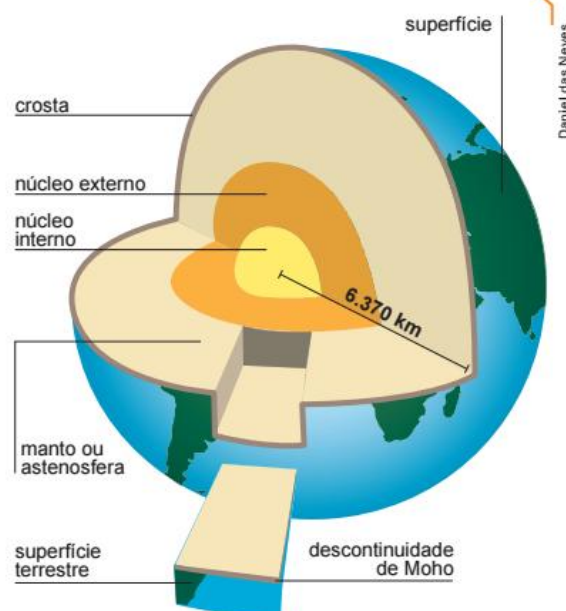


Ilustração fora de proporção; cores-fantasia.

Fonte: CALDINI, Vera L. de Moraes; ISOLA, Leda. *Atlas geográfico Saraiva*. São Paulo: Saraiva, 2013. p. 18.

Veja, acima, as camadas internas de nosso planeta, esquematicamente representadas.

SABERES EM FOCO

Como sabemos o que há no interior da Terra?

A porção mais profunda da crosta terrestre já atingida pelo ser humano situa-se a aproximadamente 12 km abaixo da superfície, o que representa uma parcela ínfima dos cerca de 6 370 km de raio da Terra. Mas, então, como é possível conhecer a estrutura interna do planeta?

Diferentes profissionais se dedicam ao estudo dessa porção do planeta. Entre eles, podemos destacar o trabalho dos geólogos e dos geofísicos. Os geólogos estudam a origem, a formação e a transforma-

ção da crosta terrestre, analisando elementos como os fósseis e as rochas, e fenômenos naturais, como os terremotos e os vulcões (os especialistas nesses fenômenos são, respectivamente, os sismólogos e os vulcanólogos). Já os geofísicos, por meio de estudos matemáticos, físicos e químicos, analisam os fenômenos e processos dinâmicos do planeta, podendo então detectar terremotos e maremotos, estudar a estrutura e a composição físico-química das rochas e das águas marinhas, entre outros.

Dessa forma, os estudos a que se dedicam esses especialistas são realizados tanto por meio de observação direta, como a análise de **afloramentos** rochosos e do material expelido por vulcões, quanto por meio de técnicas de observação indireta, ou seja, de aferições realizadas na superfície da Terra. Uma das formas mais importantes de observação indireta é o registro das ondas sísmicas emitidas por terremotos, denominadas ondas P, que ocorrem diariamente nas partes mais profundas da crosta. As ondas sísmicas geradas pelos tremores propagam-se pelo interior do planeta em diferentes direções, sendo por isso registradas por **sismógrafos** em pontos distantes do **hipocentro** do terremoto. Considerando a localização das estações de pesquisa, onde são feitos os registros, e a velocidade com que as ondas sísmicas atravessam o interior da Terra, os cientistas conseguiram definir, por exemplo, a temperatura e a espessura de cada uma das partes internas do planeta e o tipo de material que as compõe. Veja o esquema a seguir.

Afloramento:

rochas expostas na superfície terrestre, seja por processos naturais, seja artificialmente, como em cortes para a construção de ferrovias e rodovias.

Sismógrafo:

aparelho utilizado para registrar e medir as ondas sísmicas na crosta terrestre.

Hipocentro:

ponto de origem dos terremotos, de onde partem as ondas sísmicas.

Propagação das ondas sísmicas (P)



Ilustração fora de proporção; cores-fantasia.

Fonte: LEINZ, Viktor; AMARAL, Sérgio Estanislau. *Geologia Geral*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2003. p. 321.

As ondas sísmicas P propagam-se de diferentes maneiras pelo interior do planeta, fato que levou os cientistas a deduzir que a Terra possui estruturas internas com diferentes composições.

MULHERES EM FOCO

A formulação do atual modelo científico das camadas internas da Terra foi concluída em 1936 e resultou dos trabalhos da sismóloga e geofísica dinamarquesa Inge Lehmann (1888-1993). Com base nos estudos do geólogo irlandês Richard D. Oldham (1858-1936) e nos do sismólogo croata Andrija Mohorovicic (1857-1936) – que descobriu a descontinuidade de Mohorovicic, ou de Moho –, Lehmann deduziu, por meio dos estudos das ondas P, que o núcleo interno da Terra é sólido e rico em ferro (80%) e níquel, dados que foram fundamentais para a conclusão desse modelo. A cientista dinamarquesa contribuiu também com outros estudos no campo da Geologia e da Geofísica.

Imagem de Inge Lehmann na década de 1940, quando já era uma cientista famosa e premiada.



SPL/COSMOS/Latinstock

► As forças endógenas e a dinâmica interna da Terra

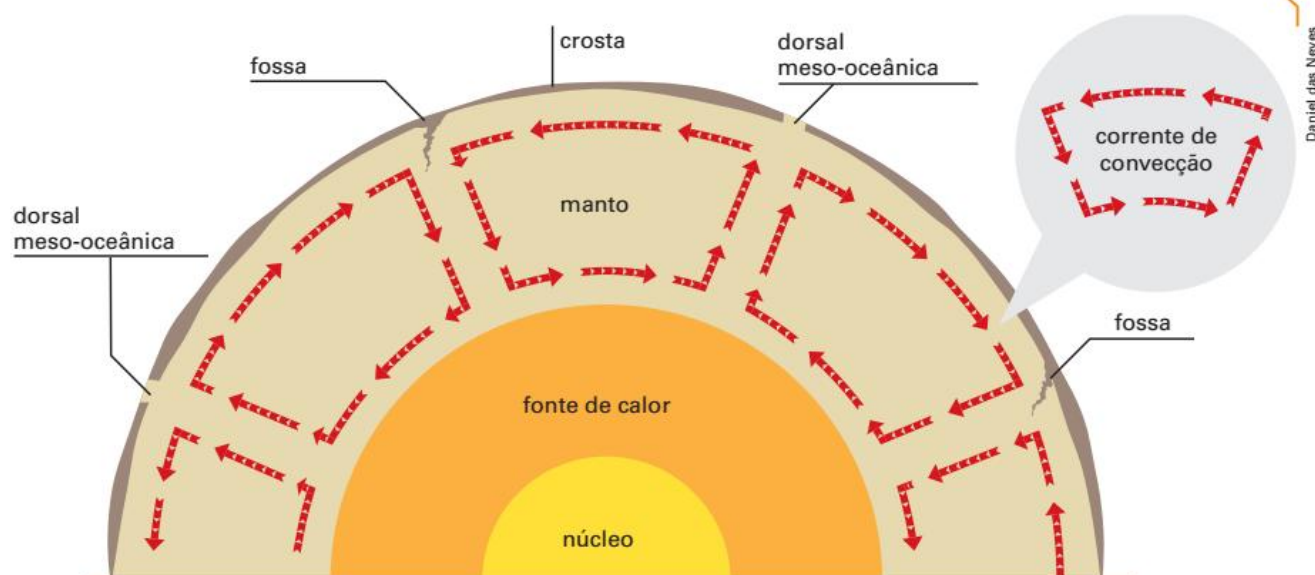
O cruzamento de informações obtidas por meio das técnicas de observação direta e indireta permitiu aos cientistas detectar a existência de forças no interior de nosso planeta, as quais estão continuamente transformando o modelado terrestre e interferindo na dinâmica da biosfera. Trata-se das chamadas **forças endógenas** do planeta. Essas forças estão relacionadas ao magma, material de maior plasticidade do que as rochas da crosta, composto basicamente de silício e magnésio, e que circula no interior do manto. Nessa camada, nas regiões próximas ao núcleo, o magma encontra-se praticamente fundido, em estado pastoso, devido às altas temperaturas.

Acredita-se que o intenso calor do núcleo do planeta faz o magma presente no manto fluir em grandes correntes, denominadas **correntes de convecção**. Os cientistas supõem que essas correntes se movimentem de forma bastante morosa, levando séculos para completar um ciclo de convecção no interior do manto.

A estrutura interna da Terra mantém uma dinâmica constante entre suas partes. Assim como o núcleo é o grande responsável pelos fenômenos do manto, este desencadeia as mais diferentes atividades tectônicas na crosta por meio das correntes de convecção, fenômeno responsável, em grande parte, pelas transformações que ocorrem na fisionomia do relevo de nosso planeta.

Observe o esquema abaixo, que ilustra a dinâmica das correntes de convecção no interior do manto terrestre. Neste percurso, o magma perde calor e torna-se mais denso e pesado, descendo novamente em direção ao núcleo, onde é reaquecido, em um movimento circular constante.

Correntes de convecção



Próximo ao núcleo do planeta, o magma é aquecido e, consequentemente, expande-se, subindo em direção à crosta.

Fonte: TEIXEIRA, Wilson et al. *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 97.

► A teoria da deriva continental

Muitas evidências levaram os cientistas a acreditar na existência de uma dinâmica interna na litosfera. Os pesquisadores concluíram, além disso, que a crosta terrestre não é uma camada rochosa inteiriça, e sim fragmentada e em constante movimento. A primeira teoria de defesa dessa tese ficou conhecida como **deriva continental**. Apresentada pela primeira vez em 1912 pelo geofísico e meteorologista alemão Alfred Lothar Wegener, essa teoria estabelece que continentes e oceanos estariam se deslocando "à deriva". Wegener utilizava como evidência o contorno de continentes, que se encaixavam como em um grande "quebra-cabeça", como no caso do litoral do Brasil e da África ocidental. Para ele, tal fato não era mera coincidência, mas sim a prova de que, em um passado remoto, todas as terras emersas do planeta teriam formado um único continente, chamado Pangea ("Terra Total"), circundado por um único oceano, denominado Pantalassa ("Mar Total").

Segundo a teoria da deriva continental, de Alfred Wegener, há aproximadamente 300 milhões de anos, na Era Paleozoica, os continentes estariam unidos, formando o supercontinente Pangea, que por sua vez agregava dois outros grandes continentes: Laurásia, ao norte, e Gondwana, ao sul.

Observe a seguir uma sequência de mapas que ilustra a teoria da deriva dos continentes.



Alfred Lothar Wegener (1880-1930), o teórico da deriva continental.

Deriva continental

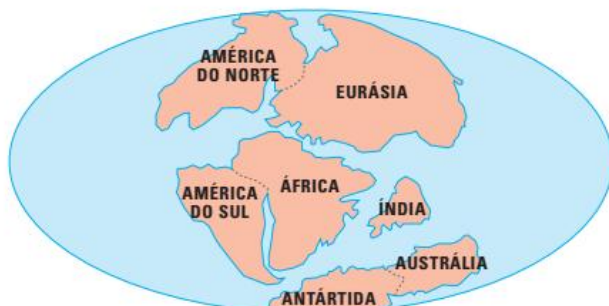
Mapa A – Era Paleozoica
(300 milhões de anos)



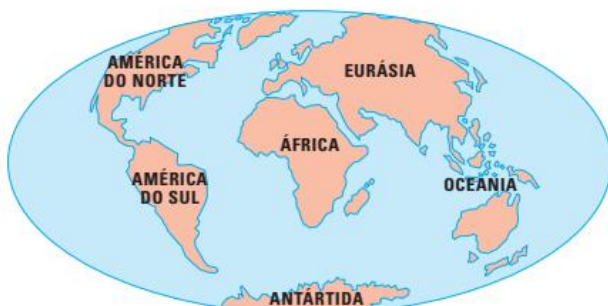
Mapa B – Período Cretáceo
(130 milhões de anos)



Mapa C – Período Terciário
(70 milhões de anos)



Mapa D – Período Quaternário
(configuração atual)

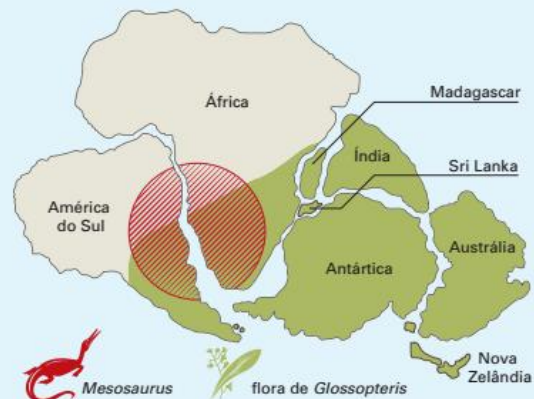


Fonte: Enciclopédia do Estudante. *Ciências da Terra e do Universo: da Geologia à exploração do espaço*. v. 3. São Paulo: Moderna, 2008. p. 23.

As pistas da deriva continental

Embora não tenha sido nem o primeiro nem o único de seu tempo a considerar a possibilidade de movimentos horizontais dos continentes, Wegener foi o pesquisador mais influente a investigar seriamente a teoria da deriva continental. Como evidências de sua teoria, Wegener enumerou várias coincidências geomorfológicas entre os continentes, além do encaixe das linhas de costa atuais de vários continentes. [...] Entretanto, entre as evidências mais impressionantes que Wegener apresentou estava a distribuição de fósseis [de animais e vegetais], principalmente de plantas representativas de gimnospermas e samambaias extintas, conhecidas, coletivamente, como a flora de *Glossopteris*, na África e no Brasil (e também na Austrália, Índia e Antártica, entre outros lugares), que se correlacionava perfeitamente, ao juntar, hipoteticamente, os dois continentes.

Distribuição geográfica dos fósseis



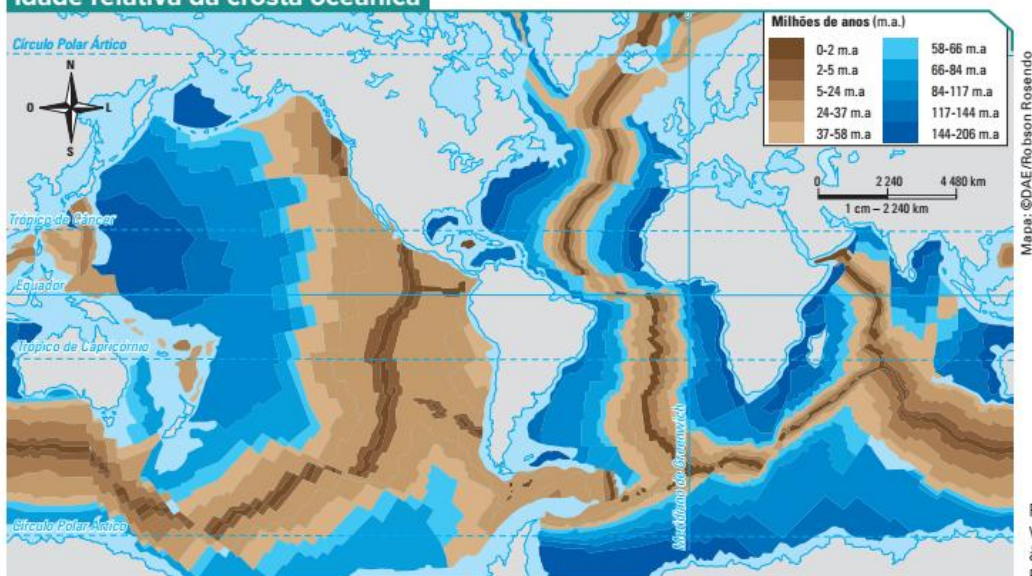
A distribuição espacial dos fósseis do *Mesosaurus*, um réptil aquático que viveu há cerca de 250 milhões de anos, e da flora *Glossopteris*, plantas do Período Permiano.

Fonte: TEIXEIRA, Wilson et al. *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 81.

► A teoria da tectônica global de placas

A comprovação das ideias de Alfred L. Wegener aconteceu somente na década de 1960, por meio de pesquisas realizadas por geofísicos ingleses que analisaram e dataram amostras de rochas e sedimentos recolhidos do fundo oceânico. A datação do material colhido mostrou que a crosta oceânica era mais nova quanto mais perto estivesse de sua parte central, na chamada Cordilheira ou Dorsal Meso-Oceânica; e, ao contrário, que as rochas eram mais antigas nas proximidades das áreas continentais. Observe o planisfério a seguir.

Idade relativa da crosta oceânica



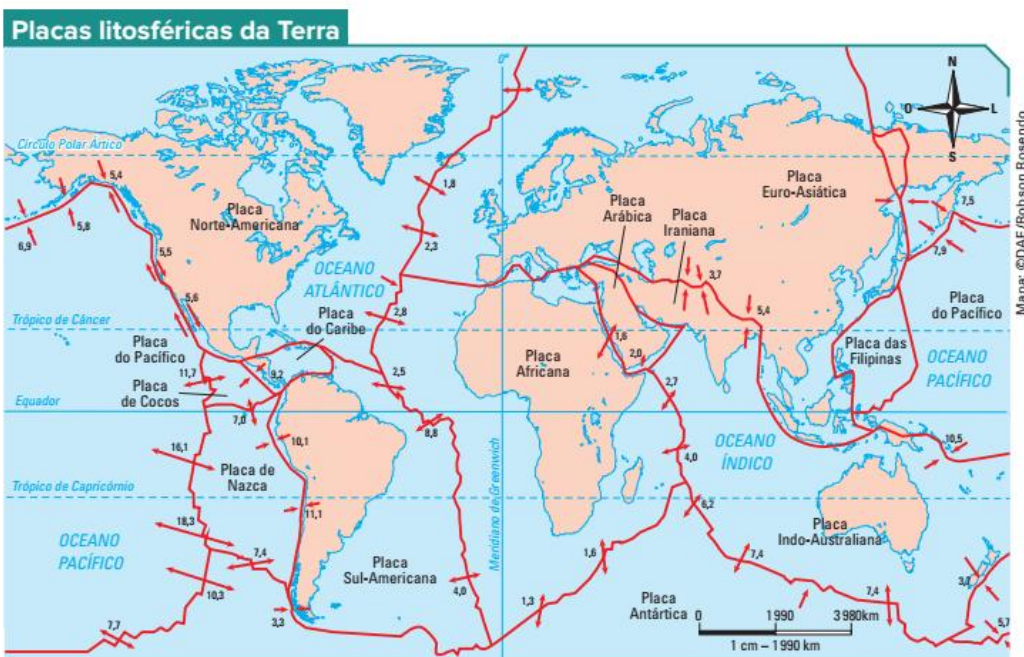
Fonte: CHRISTOPHERSON, Robert W. *Geossistemas: uma introdução à Geografia Física*. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 342.

Professor, compare as informações do mapa abaixo com o planisfério da página anterior, que mostra as idades do assoalho oceânico.

Esses dados fundamentaram a chamada **teoria da tectônica global de placas**, a qual propunha que as partes da crosta, denominadas **placas litosféricas** ou **tectônicas**, “flutuavam” sobre o magma do manto, compreendendo partes de continentes e o fundo de oceanos e mares.

Supõe-se que as correntes de convecção (o magma circulante no interior do manto) funcionam como um motor, gerando forças que empurram horizontalmente a crosta e movimentam as placas litosféricas.

Recentemente, a análise dos resultados de medições periódicas feitas por satélites artificiais em órbita terrestre comprovou os movimentos das placas litosféricas. Os dados indicaram um processo extremamente lento de colisão, de afastamento ou de deslizamento entre elas, a uma velocidade média de 2 a 3 centímetros por ano. Observe, no mapa a seguir, as diferentes velocidades com que se deslocam as placas litosféricas.



Resolva os exercícios no caderno.

Compare as informações do mapa acima com aquelas presentes no planisfério da página anterior, que mostra as idades da crosta oceânica. O que é possível perceber? Qual é o nome da placa litosférica onde a América do Sul e, consequentemente, o Brasil estão localizados? Essa placa está se separando de qual(is) outra(s) placa(s)? E com qual(is) outra(s) ela está em processo de colisão?

Fonte: TEIXEIRA, Wilson et al. *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 86.

A dinâmica dos limites de placas

Como foi visto, o deslocamento das placas litosféricas é decorrente de forças endógenas do planeta, geradas pelas correntes de convecção no interior do manto terrestre. Pode-se dizer que essas forças são responsáveis pela existência de zonas de grande tensão na superfície terrestre, sobretudo nas áreas de contato entre as placas litosféricas – ou seja, nos limites de placas. Nessas regiões, ocorre intensa atividade tectônica, como terremotos, erupções vulcânicas, dobramentos e falhamentos da crosta.

De maneira geral, temos três tipos de limites entre as placas litosféricas: os limites divergentes, os limites convergentes e os limites conservativos.

Limites divergentes

Nas zonas de **limites divergentes**, as correntes de convecção provocam o afastamento das placas litosféricas. Como, de maneira geral, o encontro dessas placas se dá em meio aos oceanos, onde a crosta terrestre é menos espessa, a pressão do magma abre fendas no assoalho oceânico, deixando extravasar grande quantidade de material magmático. Como vimos na página anterior, esse fenômeno, que ocorre há milhões de anos, tem originado novos terrenos na crosta, assim como extensas cadeias montanhosas submersas, chamadas de dorsais meso-oceânicas. Observe por meio do esquema abaixo como ocorre esse fenômeno.

Dinâmica de limites divergentes



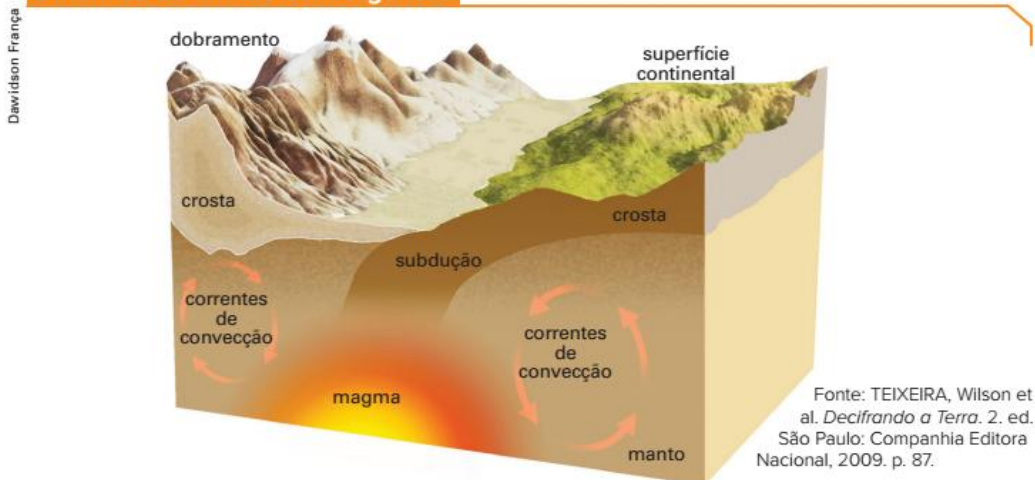
Grande parte das ilhas oceânicas são picos emersos de montanhas pertencentes às dorsais meso-oceânicas. A ilha na imagem surgiu em novembro de 2013, perto das Ilhas Ogasawara, no Japão, que também surgiram recentemente, na década de 1960. Todas foram formadas pela lava expelida por vulcões submersos e ainda são desertas.



Limites convergentes

Nas zonas de limites convergentes, o choque entre duas placas provoca o “mergulho”, ou seja, a **subducção** de uma delas, em direção ao interior do planeta. Ao ganhar profundidade, a placa subduzida funde-se devido às altas temperaturas e à proximidade do manto, seu destino final. A outra placa é pressionada no sentido contrário ao de seu deslocamento, o que produz grandes dobramentos no limite de contato entre as placas. As **dobras** ou **dobramentos** são formações da crosta decorrentes da atuação de pressões horizontais sobre as rochas, e que dão origem a grandes elevações do terreno, como as montanhas. Algumas elevações resultantes do fenômeno da subducção são a Cordilheira do Himalaia, localizada na zona de tensão entre as placas Australo-Indiana e Eurasiática; a Cordilheira dos Andes, entre a Placa Sul-Americana e a de Nazca; e os Alpes, entre as placas Africana e Eurasiática.

Dinâmica de limites convergentes



Limites conservativos

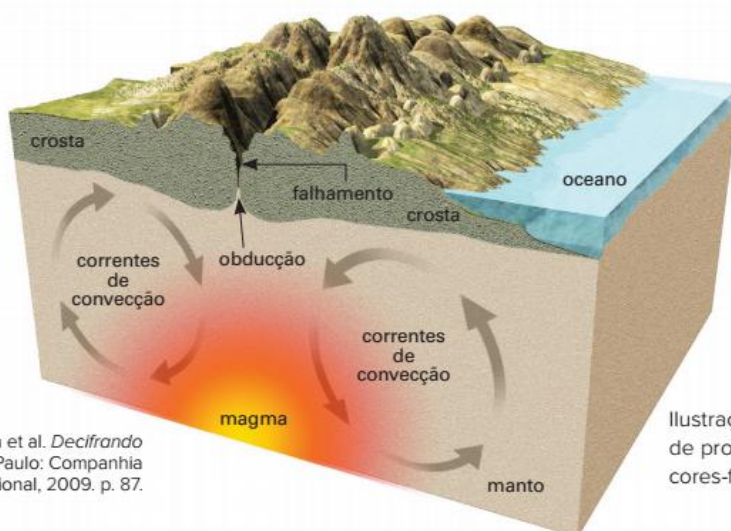
Em certas zonas de tensão, as placas são pressionadas umas contra as outras, deslizando horizontalmente em direções opostas. O deslizamento provoca **fissuras** e **falhas** na crosta terrestre, dando origem a vales e depressões ao longo da borda de contato entre as placas, como representado na ilustração a seguir. Nessas áreas, também é comum a ocorrência de terremotos de grande intensidade, como é o caso da região da Falha de San Andreas, no estado da Califórnia, nos Estados Unidos. Essa grande falha presente na crosta terrestre decorre da colisão entre as placas Pacífica e Norte-Americana, que deslizam de maneira transcorrente e em sentidos contrários. Dessa forma, por ser uma área de grande tensão tectônica, a Califórnia costuma sofrer fortes tremores de terra.

Na fotografia ao lado, vista parcial da Falha de San Andreas, no estado da Califórnia, nos Estados Unidos, em 2015.



©Francois Gohier/VWPics via ZUMA WireGlow Images

Dinâmica de limites conservativos



Davidson França

Fonte: TEIXEIRA, Wilson et al. *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 87.

Ilustração fora de proporção; cores-fantasia.

► O vulcanismo

Vulcão entra em erupção inesperadamente em ilha japonesa

Um vulcão pegou de surpresa os moradores da Ilha de Kyushu, no Japão, nesta segunda-feira. O Monte Aso entrou em erupção inesperadamente, mas ninguém se feriu, segundo autoridades.

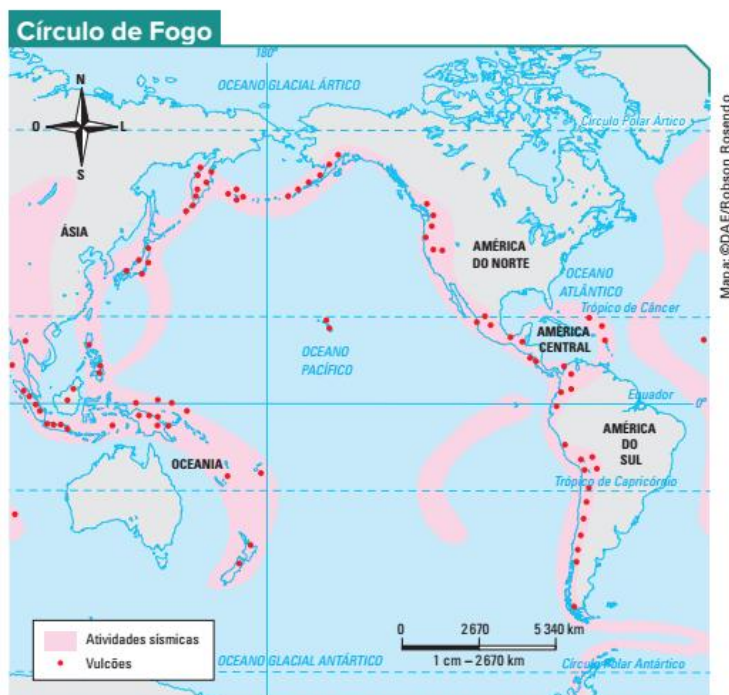
BBC Brasil, 14 set. 2015. Disponível em: <www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/09/150914_bbc_shorts_vulcao_japao_rb>. Acesso em: 15 set. 2015.

Monte Aso em erupção no dia 15 de novembro de 2015.



A notícia da página anterior é comum nos meios de comunicação. No Japão, esse tipo de fenômeno ocorre frequentemente, pois o país é o que tem maior número de vulcões ativos do planeta (cerca de 110 vulcões). Essa característica se deve ao fato de esse país asiático encontrar-se na borda de contato de três importantes placas litosféricas, entre elas a Placa Pacífica. O Japão está em uma região de limites convergentes, assim como o Chile, por isso a atividade tectônica costuma ser intensa nesses países, sobretudo no que se refere ao vulcanismo. Nessas regiões, devido à pressão interna do manto, as camadas rochosas podem apresentar fissuras, por onde o magma extravasa na forma de lava. O extravasamento do magma, chamado de erupção, pode recobrir extensas áreas de terreno ou originar cones vulcânicos.

A grande concentração de vulcões em atividade na borda da Placa Pacífica levou os especialistas a denominar a região de **Círculo de Fogo** ou **Cinturão de Fogo**. Veja o mapa abaixo.



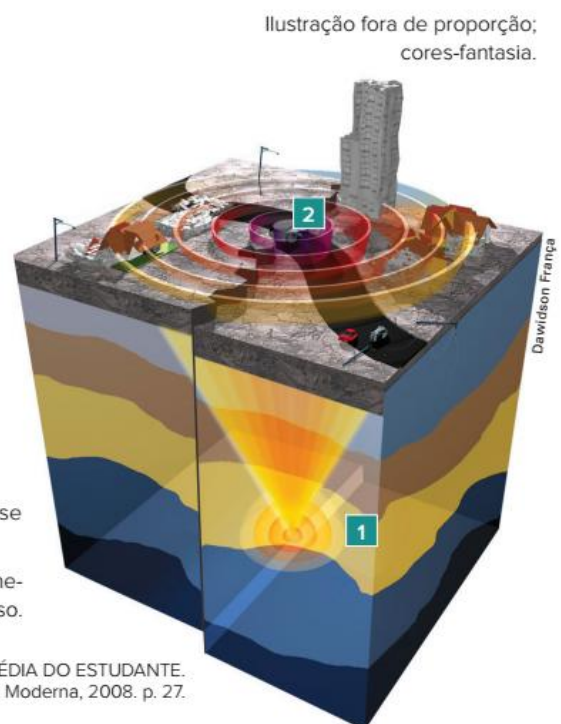
Fonte: IBGE. *Atlas geográfico escolar*. São Paulo: 2002.

Os terremotos

Em nosso planeta, a maioria dos chamados sismos ou terremotos ocorre nos limites de contato das placas litosféricas. Essas áreas apresentam rochas que estão sob intensa pressão pela força do atrito entre as placas. Quando o limite de resistência de uma camada é atingido, as rochas se rompem e provocam deslocamentos, criando falhas e ondas sísmicas que se propagam em todas as direções. Observe o esquema ao lado.

- 1 É chamado hipocentro o ponto no interior da crosta que se encontrava sob pressão e que originou as ondas sísmicas.
- 2 É chamado epicentro o local ou área na superfície terrestre imediatamente acima do hipocentro e onde o sismo é mais intenso.

Fonte: ENCICLOPÉDIA DO ESTUDANTE. *Geografia Geral*. São Paulo: Moderna, 2008. p. 27.



Embora somente uma ínfima parcela dos tremores que ocorrem no interior da crosta seja sentida pelas pessoas, milhares deles são registrados diariamente por sismógrafos em vários pontos do planeta. Os terremotos têm **intensidades** (efeitos sobre a superfície terrestre) e **magnitudes** (quantidade de energia liberada) muito variadas. Vejamos como essas variáveis são medidas pelos cientistas.

A escala de Mercalli

A chamada escala de Mercalli Modificada (MM) é empregada para aferir a intensidade de um terremoto, de acordo com seus efeitos na paisagem de um lugar ou região, ou seja, no seu epicentro. Acompanhe a tabela apresentada a seguir.

Escala de Intensidade Mercalli Modificada (simplificada)		
Grau	Descrição dos efeitos	Aceleração (g)*
I	Não sentido. Leves efeitos de período longo de terremotos grandes e distantes.	
II	Sentido por poucas pessoas paradas, em andares superiores ou locais favoráveis.	< 0,003
III	Sentido dentro de casa. Alguns objetos pendurados oscilam. Vibração parecida com a da passagem de um caminhão leve. Pode não ser reconhecido como um abalo sísmico.	0,004 – 0,008
IV	Objetos suspensos oscilam. Vibração parecida com a da passagem de um caminhão pesado. Janelas, louças, portas fazem barulho. Paredes e estruturas de madeira rangem.	0,008 – 0,015
V	Sentido fora de casa. Pessoas acordam. Líquido em recipiente é perturbado. Objetos pequenos e instáveis são deslocados. Portas oscilam, fecham, abrem.	0,015 – 0,04
VI	Sentido por todos. Muitos se assustam e saem às ruas. Pessoas andam sem firmeza. Janelas e louças quebradas. Objetos e livros caem de prateleiras. Reboco fraco e construção de má qualidade racham.	0,04 – 0,08
VII	Difícil manter-se em pé. Objetos suspensos vibram. Móveis quebram. Danos em construção de má qualidade, algumas trincas em construção normal. Queda de reboco, ladrilhos ou tijolos mal assentados e telhas. Ondas em piscinas. Pequenos escorregamentos de barrancos arenosos.	0,08 – 0,15
VIII	Danos em construções normais com colapso parcial. Algum dano em construções reforçadas. Queda de estuque e alguns muros de alvenaria. Queda de chaminés, monumentos, torres e caixas-d'água. Galhos quebram-se das árvores. Trincas no chão.	0,15 – 0,3
IX	Pânico geral. Construções comuns bastante danificadas, às vezes colapso total. Danos em construções reforçadas. Tubulação subterrânea quebrada. Rachaduras visíveis no solo.	0,3 – 0,6
X	Maioria das construções destruídas até nas fundações. Danos sérios às barragens e diques. Grandes escorregamentos de terra. Água jogada nas margens de rios e canais. Trilhos levemente entortados.	0,6 – 1
XI	Trilhos bastante entortados. Tubulações subterrâneas completamente destruídas.	~ 1 – 2
XII	Destruição quase total. Grandes blocos de rocha deslocados. Linhas de visada e níveis alterados. Objetos atirados ao ar.	~ 2

*Aceleração da gravidade em m/s^2 .

Fonte: TEIXEIRA, Wilson et al. *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 90.

Em abril de 2015, um forte terremoto de magnitude 7,8 atingiu o Nepal, deixando mais de 8 mil mortos, e destruindo milhares de casas, edifícios e monumentos seculares.



Anadolu Agency/Getty Images

A escala Richter

A escala Richter é utilizada para medir a magnitude de um terremoto, ou seja, a quantidade de energia liberada pelo hipocentro do sismo. Quando foi estabelecida, essa escala previa terremotos com magnitude de 1 a 9. Atualmente, porém, os cientistas entendem que, teoricamente, não há limite para os sismos, por isso se fala em “escala aberta” para aferir as magnitudes. Veja a tabela a seguir.

Escala aberta de magnitudes	
Magnitude	Descrição
2,0 ou menos	São chamados pelos sismólogos de microtremores. Não são sentidos pelas pessoas e somente os sismógrafos locais conseguem registrá-los.
4,5 a 7,0	Ocorrem aos milhares todos os anos. São fortes o suficiente para serem registrados por sismógrafos em todo o mundo.
8,0 e 8,9	Ocorre ao menos um grande terremoto de tal dimensão a cada ano em algum lugar do planeta.
Acima de 9,0	São mais raros, mas é possível a ocorrência de um tremor dessa magnitude a cada século, sobretudo nas zonas de grande tensão tectônica do planeta.

Fonte: U.S. GEOLOGICAL SURVEY. U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/gip/earthq4/severitygip.html>>. Acesso em: 12 out. 2015.

De olho no Enem – 2012

De repente, sente-se uma vibração que aumenta rapidamente; lustres balançam, objetos se movem sozinhos e somos invadidos pela estranha sensação de medo do imprevisto. Segundos parecem horas, poucos minutos são uma eternidade. Estamos sentindo os efeitos de um terremoto, um tipo de abalo sísmico.

ASSAD, L. Os (não tão) imperceptíveis movimentos da Terra. *ComCiência*, n. 117, abr. 2010. Disponível em: <<http://comciencia.br>>. Acesso em: 2 mar. 2012.

O fenômeno físico descrito no texto afeta intensamente as populações que ocupam espaços próximos às áreas de:

- a. alívio da tensão geológica.
- b. desgaste da erosão superficial.
- c. atuação do intemperismo químico.
- d. formação de aquíferos profundos.
- e. acúmulo de depósitos sedimentares.

Gabarito: A

Justificativa: Os terremotos resultam da acomodação de terrenos no subsolo, decorrente da incidência de forças que causam tensão geológica. Está correta, portanto, a alternativa **a**. As alternativas **b** e **c** estão incorretas, pois nem a erosão superficial, que está associada ao desgaste de solos, nem o intemperismo químico, que produz a degradação das rochas, produzem terremotos. A alternativa **d** não é a resposta mais adequada, pois a formação de aquíferos profundos é um processo que leva muito tempo, e mesmo quando, eventualmente, está associado à acomodação de terrenos no subsolo, não invalida a alternativa correta, pois essa acomodação não deixaria de ser um alívio da tensão geológica. Finalmente, a alternativa **e** está incorreta, pois o acúmulo de sedimentos é um processo associado à superfície terrestre, que não produz terremotos, mesmo quando, no longo prazo geológico, essas camadas são recobertas e originam a formação de rochas sedimentares.

Competência de área 6:

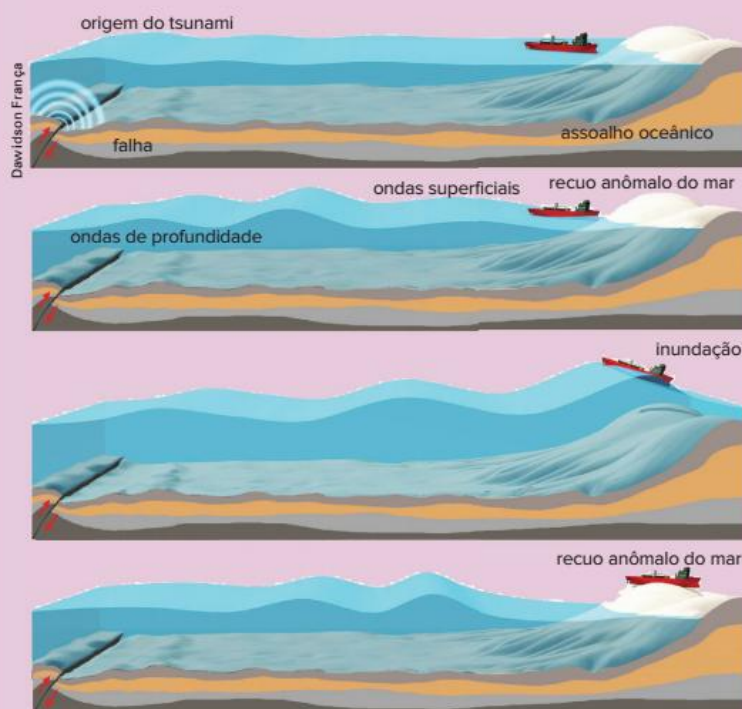
Compreender a sociedade e a natureza, reconhecendo suas interações no espaço em diferentes contextos históricos e geográficos.

Habilidade 26:

Identificar em fontes diversas o processo de ocupação dos meios físicos e as relações da vida humana com a paisagem.

O que são tsunamis?

Ocorrência dos tsunamis



Fonte: TEIXEIRA, Wilson et al. *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 94.

Ilustração fora de proporção; cores-fantasia.

Os *tsunamis* são ondas marítimas que fazem o nível do mar se elevar e que podem arrasar litorais inteiros. Eles têm origem na vibração de terremotos ocorridos no fundo do assoalho oceânico, muitas vezes a milhares de quilômetros de distância da costa. É importante lembrar que a “onda” do *tsunami* não é como a onda que quebra a todo momento nas praias da costa, resultante da ação dos ventos, como vimos na página 246. Ao encontrar o litoral, um *tsunami* tem efeito semelhante ao de uma forte maré, que sobe rapidamente e invade as porções mais baixas e planas da costa. Veja o esquema ao lado.

O terremoto ocorrido em março de 2011 no nordeste do Japão ficará na história como um dos maiores desastres naturais já registrados. Com magnitude de 8,9 graus, o tremor causou *tsunamis* que devastaram a zona costeira do país e provocou a morte de milhares de pessoas. Na foto, a cidade de Miyako, em 11 de março de 2011, após o terremoto e a passagem do *tsunami*.



► A atividade tectônica no Brasil

Observando o planisfério da página 208, podemos verificar que boa parte do território brasileiro se encontra distante dos limites de contato entre as placas litosféricas, situando-se na porção mais central da Placa Sul-Americana. Essa localização proporciona certa estabilidade tectônica ao país, no qual atualmente não ocorre nenhum tipo de atividade vulcânica relevante e onde há baixa frequência de sismos de maior magnitude, como exemplifica a notícia reproduzida a seguir.

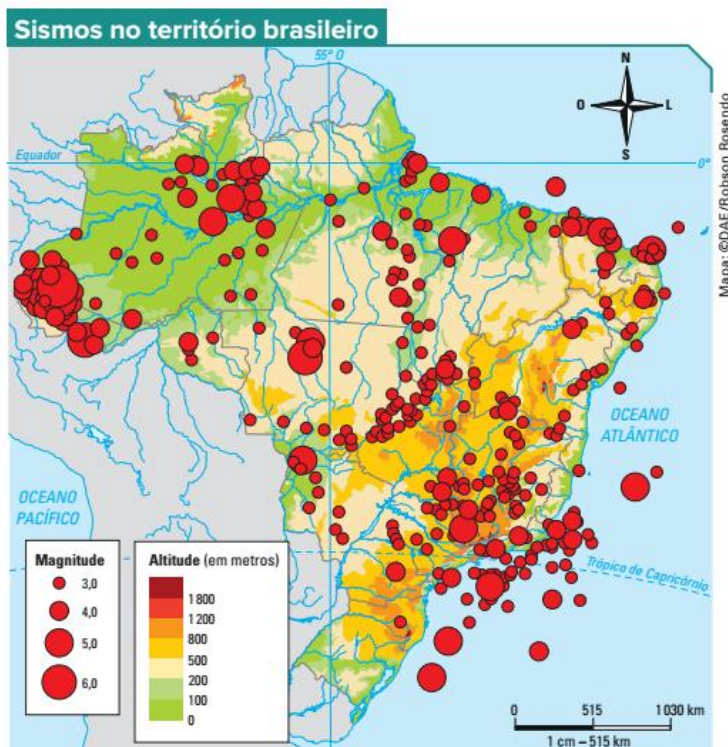
Terremoto de 4,7 graus é registrado na região de Ariquemes

Na noite deste domingo (25) às 18h57, um terremoto de 4,7 graus de magnitude na Escala Richter e energia de 165 tons de TNT foi registrado a 30 km da cidade de Rio Crespo (RO), 34 km de Jamari (RO) e 44 km da cidade de Alto Paraíso (RO), a 19 km de profundidade e teve seu hipocentro localizado abaixo das coordenadas 9.46 S e 63.01 W.

Ariquemes Notícias. 26 nov. 2012. Disponível em: <www.ariquemesnoticias.com.br/noticia/2012/11/26/terremoto-de-47-graus-e-registrado-na-regiao-de-ariquemes.html>. Acesso em: 12 out. 2015.

O mapa ao lado mostra os terremotos ocorridos em território brasileiro de 1811 a 2008, indicando a localização e a intensidade de cada um. Verifique as áreas de maior e de menor ocorrência de sismos no país.

Fonte: OBSERVATÓRIO SISMOLÓGICO – Universidade de Brasília. Disponível em: <www.obsis.unb.br/sismologia/sismicidade-natural-e-antropogenica/sismicidade-brasileira>. Acesso em: 12 out. 2015.



Vulcanismo no Brasil

Ainda que exista certa estabilidade tectônica no território brasileiro, há evidências de que em um passado geológico não muito distante o vulcanismo e as atividades sísmicas foram intensos na área que atualmente corresponde ao nosso país. Cerca de 130 milhões de anos atrás, no Período Cretáceo Inferior, com a separação do continente sul-americano do africano, houve uma intensa atividade tectônica que provocou o fraturamento da crosta e o extravasamento de grande quantidade de material magmático. Essa atividade durou cerca de 10 milhões de anos, fazendo com que o material se espalhasse por aproximadamente 1,2 milhão de km², área que atualmente corresponde à Bacia Hidrográfica do Rio Paraná.



Fonte: LEINZ, Viktor; AMARAL, Sérgio Estanislau. *Geologia Geral*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2003. p. 284.

Especialistas consideram que esse evento vulcânico foi um dos maiores já ocorridos em nosso planeta. A solidificação do magma extravasado deu origem às espessas camadas de rocha basáltica que recobrem boa parte da Bacia do Paraná, cuja decomposição é responsável pelo fértil latossolo roxo, tipo de solo argiloso e com grande quantidade de nutrientes, existente nessa região. Na mesma época, importantes eventos vulcânicos ocorreram também na região Amazônica e no sul do Maranhão. Observe o mapa da página anterior.

▶ As forças exógenas da Terra

Como você pôde perceber, a litosfera é um meio dinâmico no qual forças colossais provenientes do interior do planeta promovem eventos como o soerguimento de montanhas ou o rebaixamento dos terrenos, originando vales e depressões. Por outro lado, essa esfera terrestre também é alvo de forças naturais externas, ou exógenas, como os fenômenos atmosféricos (chuvas, ventos e neve) e a ação das águas dos rios e dos oceanos. Observe.

Os cânions são escavados pela ação das águas no decorrer de muitos anos. Na imagem, vemos o Parque Nacional do Grand Canyon, Arizona, EUA, 2015.



Daniel Acker/Bloomberg via Getty Images

As falésias são importantes exemplos do desgaste das formas de relevo pelas águas do mar. Na imagem, vemos os Penhancos Brancos de Dover, Inglaterra, 2014.



© Alan Smithers / Alamy Stock Photo

Os glaciares, como o que vemos na imagem em Santa Cruz, Argentina, 2014, modelam o relevo de acordo com seu movimento, desgastando as rochas que estão no entorno.



APP PHOTO / MARIO GOLDMAN/Getty Images

As dunas, como as do Deserto do Saara, na Tunísia, que vemos na imagem de 2014, são formas de relevo constituídas pela ação dos ventos.



DEA / G. ROLI

A ação das águas das chuvas e dos rios: em uma bacia hidrográfica, a força das águas das chuvas desgasta as rochas e os solos, levando os sedimentos para o rio principal e seus afluentes. De acordo com o volume de água, o rio pode esculpir suas margens, transportando mais sedimentos (o chamado aluvião), que são depositados em suas margens ou em seu leito no médio e baixo curso. A ação das águas fluviais pode formar vales e desfiladeiros.

A ação das águas do mar: a atuação constante da força das ondas, das marés e das correntes marítimas sobre as áreas litorâneas provoca o desgaste das formas de relevo costeiras, como praias e costões. Além disso, o movimento das águas oceânicas transporta os sedimentos desgastados e os deposita em outras áreas, formando grandes bancos de areia: as restingas.

A ação das geleiras: nas zonas polares do planeta e nas porções mais altas das cordilheiras, a litosfera é modificada pela ação das geleiras. Essas grandes massas de gelo deslocam-se lentamente das partes mais altas para as mais baixas, por efeito da gravidade ou do processo de degelo e de acúmulo de neve (devido à alternância das estações do ano), desgastando as superfícies rochosas onde se encontram acomodadas. Esse processo forma vales e depressões.

A ação dos ventos: em regiões de clima árido ou semiárido, pequenas partículas de rocha (areia fina e silte) são arremessadas pela força do vento contra a superfície do relevo. O atrito desgasta as rochas, podendo dar origem a monólitos e falésias. Os sedimentos desgastados também são transportados pelos ventos e acumulados em outras áreas, dando origem a grandes depósitos de areia: as dunas.

As etapas de modelagem da superfície terrestre

Seja qual for o agente externo responsável (chuvas, rios, mar, geleiras ou vento), desencadeia-se o processo natural de transformação e de modelagem da superfície terrestre. Esse processo consiste basicamente em três etapas: a decomposição ou desagregação; o transporte; e a deposição ou sedimentação. Conheça cada uma delas a seguir.

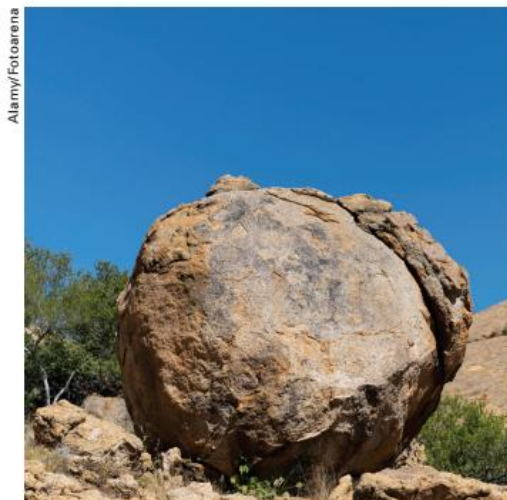
Decomposição ou **desagregação** é o fenômeno de desmanche das rochas e minerais. Ocorre devido à ocorrência de intempéries atmosféricas, como as variações de temperatura entre o dia e a noite e as diferenças de pluviosidade entre as estações do ano. Por isso, também é conhecido como **intemperismo**.

As sucessivas variações térmicas acabam fragmentando as rochas em pedaços menores, abrindo fendas por onde penetra a água das chuvas. A água reage com os minerais que formam a rocha, o que altera sua composição química e facilita o processo de desagregação.

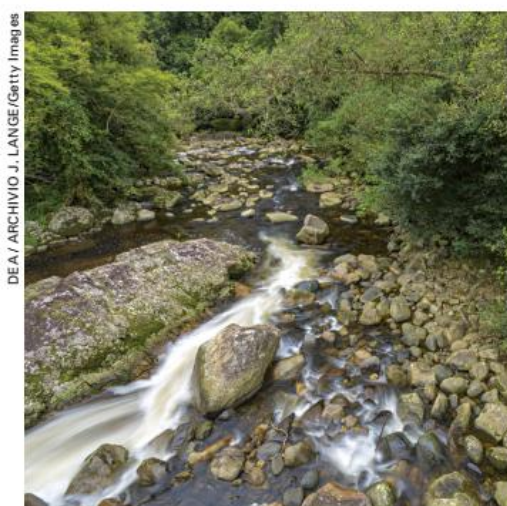
O **transporte** ou processo de **erosão** representa a fase em que os sedimentos intemperizados são deslocados de um lugar para outro por meio de agentes como os ventos, a água das chuvas e dos rios, a neve derretida, ou, ainda, pelo deslocamento das correntes marítimas, no caso das áreas litorâneas.

Quando os agentes erosivos deixam de atuar no transporte de sedimentos, criam-se áreas de **deposição** ou **sedimentação** em rios, lagos ou no litoral. É o que ocorre, por exemplo, nos deltas, locais onde os sedimentos trazidos em suspensão pela água corrente são depositados em grande quantidade, formando ilhas e canais.

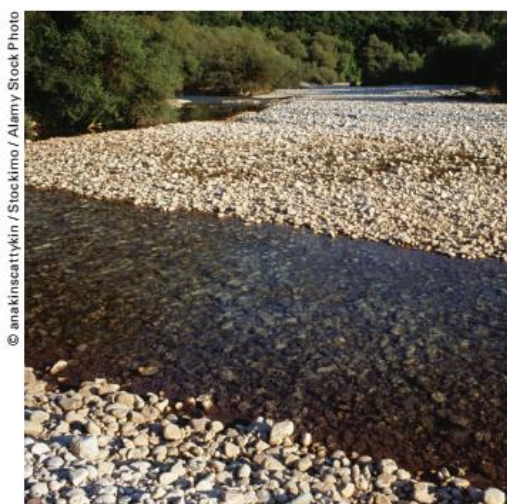
As forças exógenas da Terra estão em constante interação com as forças endógenas: assim como as intempéries desgastam o relevo, transportam e depositam os sedimentos, os processos tectônicos geram novas formas de relevo continuamente. A litosfera é, portanto, um meio dinâmico e integrado à biosfera.



Processo de alteração e decomposição esferoidal, na forma de cascas ou escamas concêntricas, de uma rocha sedimentar. Namíbia, África, 2014.



Grandes fragmentos de rochas deslocados pela força das águas do Rio Mãe Catira, em Morretes, Paraná, 2015.

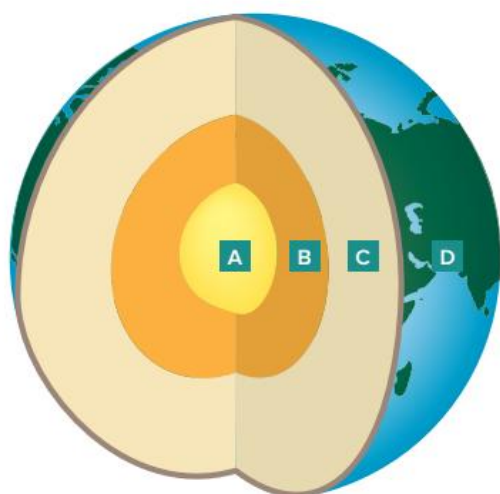


Os seixos ou pedregulhos são fragmentos arredondados de rochas, intensamente desgastados pela ação das águas fluviais, que os jogam uns contra os outros. Na fotografia ao lado, seixos na Península de Peloponeso, Grécia, em 2015.

Revisitando o capítulo

Resolva os exercícios no caderno.

- Observe a seguir o modelo da estrutura interna da Terra.



Daniel das Neves

Ilustração fora de proporção; cores-fantasia.

Agora, observe as sequências abaixo e transcreva no caderno a que contém o nome e a composição correta de cada uma das partes internas de nosso planeta.

- A – crosta (ferro e níquel)
- B – núcleo externo (elementos fundidos)
- C – núcleo interno (silício, alumínio e magnésio)
- D – manto (periodotito)

- A – núcleo interno (ferro e níquel)
- B – núcleo externo (elementos fundidos)
- C – manto (periodotito)
- D – crosta (silício, alumínio e magnésio)

- A – manto (periodotito)
- B – núcleo interno (ferro e níquel)
- C – núcleo externo (elementos fundidos)
- D – crosta (silício, alumínio e magnésio)

- Sobre as forças naturais exógenas, responda:
 - Quais são os principais agentes externos que atuam na transformação da superfície terrestre?
 - Cite as três etapas de modelagem da superfície terrestre.
 - Com base no que você estudou sobre as forças exógenas da Terra, identifique pelo menos duas formas de interdependência dos elementos da natureza que atuam no processo de transformação e modelagem da litosfera.

- Observe a tabela a seguir e, depois, responda às questões.

Quantidade de terremotos na Terra							
Mag/Data	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
8.0 a 8.9	0	1	1	1	2	2	1
7.0 a 7.9	12	16	23	19	12	17	11
6.0 a 6.9	168	144	150	185	108	122	144
5.0 a 5.9	1 768	1 896	2 209	2 276	1 401	1 395	1 569
4.0 a 4.9	12 291	6 805	10 164	13 315	9 534	8 842	14 940
Total	14 239	8 862	12 547	15 796	11 057	10 378	16 665

Apolo11.com – Monitoramentos de Terremotos. Disponível em: <www.apolo11.com/terremotos.php>. Acesso em: 14 out. 2015.

- Quais são as magnitudes de terremoto que mais ocorrem na Terra?
 - Explique como são originados os terremotos e tremores de terra e diga como é possível conhecer a estrutura interna do planeta por meio da análise desses fenômenos.
- O que são correntes de convecção?
 - Sobre a teoria da deriva continental, faça o que se pede:
 - Cite três pistas ou evidências nas quais Alfred L. Wegener se baseou para formular essa teoria.
 - Explique a importância dessa teoria para a compreensão das transformações que ocorrem na crosta terrestre.
 - Indique a origem da força das correntes de convecção nas zonas de limites:
 - divergentes.
 - convergentes.
 - conservativos.

- Leia o conteúdo do quadro abaixo.

Cordilheira dos Andes	Placas de Nazca e Sul-Americana
Falha de San Andreas	Placas Pacífica e Norte-Americana
Dorsal Meso-Oceânica do Atlântico Sul	Limite divergente
Placas Sul-Americana e Africana	Limite convergente
Limite conservativo	

Em seu caderno, organize as informações do quadro, indicando a relação entre as formações do relevo, as zonas de tensão (limites) e as placas litosféricas correspondentes.

8. No que se refere ao tectonismo de placas, explique o que há em comum entre os seguintes países: Japão, Chile, México e Filipinas.
9. Existe atividade tectônica no Brasil? Explique.

ANÁLISE DE TEXTOS E TABELA

Leia os textos a seguir.

Reportagem 1

Terremoto de magnitude 5.2 atinge Tóquio e deixa nove feridos

Pelo menos nove pessoas ficaram feridas, neste sábado [11/09/2015] (12h horário local), em Tóquio, em um terremoto de magnitude 5.2, segundo a Agência Nacional de Meteorologia.

O epicentro do tremor, registrado às 5h49 (17h49 de sexta em Brasília), situou-se a 57 km de profundidade na baía de Tóquio, relatou a agência japonesa.

O tremor, de cerca de 10 segundos, passou do nível 5 da escala japonesa, ou seja, uma situação difícil para que uma pessoa consiga se manter de pé.

A emissora de televisão NHK anunciou que ainda não há informações de danos materiais.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/mundo/noticia/2015/09/terremoto-de-magnitude-52-atinge-toquio-e-deixa-nove-feridos.html>>. Acesso em: 14 out. 2015.

Reportagem 2

Terremoto no sudoeste da China deixa 367 mortos; mais de mil estão feridos

Sobe para, ao menos, 367 o número de mortos no terremoto de 6,1 graus de magnitude registrado neste domingo (3) nas regiões montanhosas do sudoeste da China, segundo a agência oficial “Xinhua”. Mais de mil pessoas estão feridas. [...]

O terremoto derrubou e causou dano a muitos edifícios, em particular nas construções mais antigas e residenciais. Foram derrubadas mais de 12 mil casas e danificadas outras 30 mil, detalhou a “Xinhua”. A televisão local CCTV disse que o terremoto é o mais forte a atingir a província nos últimos 14 anos, de acordo com a rede inglesa BBC.

Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/internacional/ultimas-noticias/2014/08/03/terremoto-no-sudoeste-da-china-deixa-mortos-e-feridos.htm>>. Acesso em: 14 out. 2015.

Pela leitura dos textos é possível inferir que, ainda que tivessem magnitudes próximas, os terremotos ocorreram com intensidades diferentes em cada uma das regiões.

Com base na tabela da escala de Mercalli Modificada (MM), presente na página 234, identifique qual foi a intensidade de cada um dos terremotos noticiados nas reportagens.

TRABALHANDO COM GÊNEROS TEXTUAIS

Leia o texto a seguir com atenção.

O mar cria e o mar destrói, ou melhor, modifica. Transforma e devora. Com inesgotável paciência, o mar trabalha há milênios como um escultor incansável do mundo seco, modelando a terra firme a seu bel-prazer. Ele martela, cava, esmigalha, tira lascas e desintegra a rocha até reduzi-la a areia, entalha fiordes, levanta falésias, desenha penínsulas e cabos e semeia praias de pedregulhos ou areia fina ao logo do litoral. Como um paisagista embelezando um parque, o mar arruma, ao longo da costa, destroços arrastados por correntes ou marés e soprados pelo vento. [...]

CAFIERO, Gaetano et al. *O mar*. Rio de Janeiro: Sextante, 2008. p. 48.

1. O texto descreve a ação de qual tipo de força natural exógena?
2. O autor do texto utiliza-se de algumas metáforas para ilustrar a maneira pela qual essa força atua sobre a superfície terrestre. Extraia do texto dois trechos em que isso ocorre.
3. As transformações provocadas por esse agente externo no relevo litorâneo ocorrem rapidamente ou de maneira lenta? Indique o trecho do texto em que há essa informação.
4. Liste no caderno as formas de relevo que podem ser produzidas por esse tipo de agente externo.
5. Extraia do texto o trecho que ilustra a etapa de modelagem de:
 - a. decomposição ou desagregação.
 - b. deposição ou sedimentação.

Elabore um esquema ilustrativo que demonstre cada uma das etapas de modelagem descritas no texto.

Enem e Vestibulares

Resolva os exercícios no caderno.

1. (UNIMONTES – 2015) O relevo corresponde às irregularidades contidas na superfície terrestre, e sua formação pode ter duas origens, provenientes de fatores endógenos e exógenos. Sobre os fatores formadores do relevo terrestre, podemos afirmar que
 - a. os fatores endógenos são os responsáveis pelas formações dos relevos denominados de mares de morros, localizados na região Sudeste do Brasil.
 - b. os relevos de planalto e serras são áreas sedimentares, pois formam-se pela deposição de sedimentos provenientes de formações rochosas mais antigas.
 - c. os fatores exógenos formam o relevo por meio, principalmente, das erosões, que podem ser glacial, eólica, pluvial e fluvial.
 - d. o homem também é agente transformador das grandes formações do relevo; devido aos avanços tecnológicos, sua intervenção atinge o relevo em escala nacional.
2. (UFES – 2015) Em 1960, ocorreu, no Chile, o maior terremoto já registrado na história, com tremor de terra de 9,5 graus na escala Richter, matando cerca de 5,7 mil pessoas. Em 2010, esse fenômeno se repetiu, matando mais de 500 pessoas. Em 2014, mais uma vez, um forte terremoto de 6,4 graus de magnitude na escala Richter abalou o centro do Chile. Os terremotos de maior intensidade, normalmente, ocorrem no limite entre as placas tectônicas. Além de terremotos, outros fenômenos naturais ocorrem nesses limites.
 - a. Cite e explique os 3 (três) tipos de limite de placas tectônicas existentes no planeta Terra e identifique, entre eles, o tipo de limite entre a placa tectônica Sul-Americana e a placa de Nazca, o qual é responsável pelos terremotos no Chile.
 - b. Exemplifique 1 (um) tipo de relevo gerado no limite entre as placas tectônicas Sul-Americana e de Nazca.

3. (UFPR – 2015)

Os escorregamentos, também conhecidos como deslizamentos, são processos de movimentos de massa envolvendo materiais que recobrem as superfícies das vertentes ou encostas, tais como solos, rochas e vegetação. Estes processos estão presentes nas regiões montanhosas e serranas em várias partes do mundo, principalmente naquelas onde predominam climas úmidos. No Brasil, são mais frequentes nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

(TOMINAGA, L.K. Escorregamentos. In.: Desastres naturais: conhecer e prevenir. Cap. 9, p. 27-38. Org.: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J. AMARAL, R. Instituto Geológico, São Paulo, 2009). Sobre esses processos, considere as seguintes afirmativas:

1. Os escorregamentos consistem em importante processo natural que atua na dinâmica das vertentes, fazendo parte da evolução do relevo terrestre, principalmente nas regiões serranas.
2. Nos grandes centros urbanos, os escorregamentos assumem frequentemente proporções catastróficas, uma vez que cortes nas encostas, depósitos de lixo, entre outras ações promovidas pelo homem geram novas relações com os fatores condicionantes naturais.
3. É necessário que o ser humano deixe de devastar as florestas, impermeabilizar os solos e contaminar os rios para que não mais ocorram os escorregamentos.
4. A origem vulcânica do relevo brasileiro gerou um conjunto de serras propícias para os escorregamentos, que acarretam grandes prejuízos e perdas significativas, inclusive de vidas humanas.

Assinale a alternativa correta.

- a. Somente as afirmativas 3 e 4 são verdadeiras.
- b. Somente as afirmativas 1, 2 e 4 são verdadeiras.
- c. Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- d. Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- e. As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.